



KIEP 기초자료  
22-02

2022년 3월 16일

# 글로벌 수송 부문의 온실가스 감축 현황과 시사점: 해운 분야를 중심으로

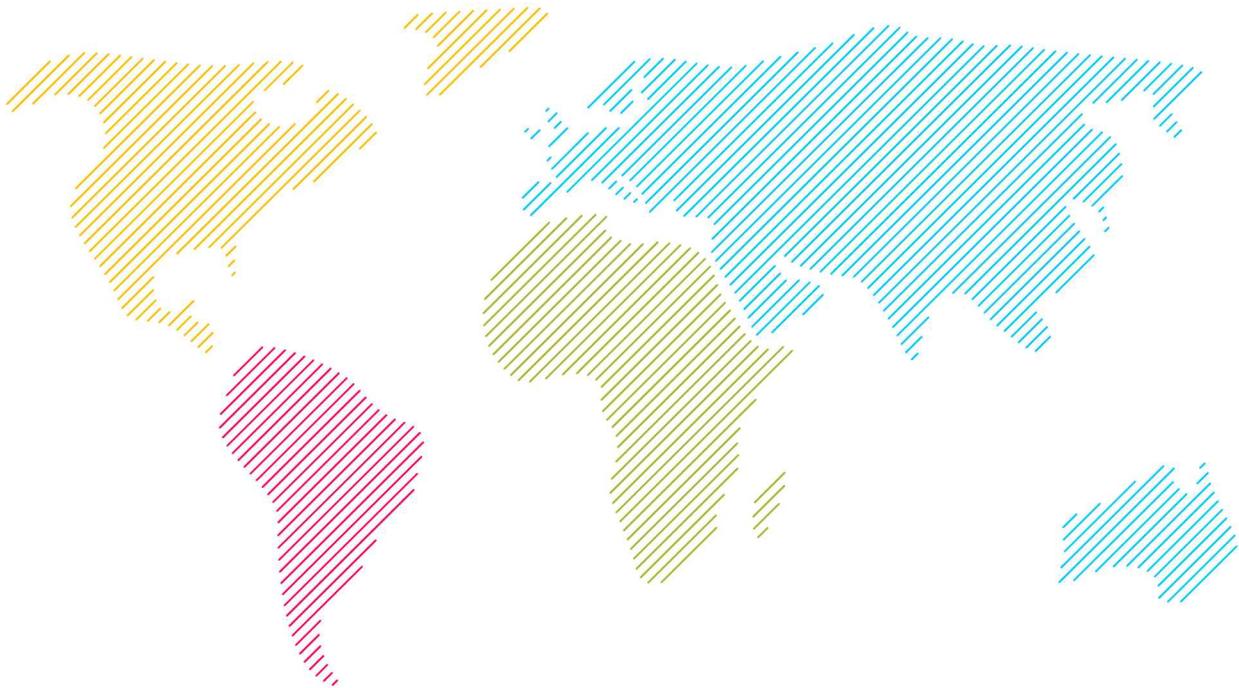
김은미 국제개발협력센터 글로벌전략팀 전문연구원  
(emkim@kiep.go.kr, 044-414-1037)

# 글로벌 수송 부문의 온실가스 감축 현황과 시사점

## 해운 분야를 중심으로

### 요약

- ▶ 최근 탄소중립을 선언한 국가가 늘어나면서 2018년 전 세계 온실가스 배출량의 약 17%, 이산화탄소 배출량의 약 25%를 차지하는 수송 부문에 대한 감축 노력이 강화되고 있으며, 해운 분야에 대한 정책적 관심과 다자협력이 필요한 상황임.
  - 주요국과 우리나라가 수립한 수송 부문의 감축정책은 △ 감축목표 설정 △ 저탄소·친환경 운송수단 보급 확대 △ 내연기관 차량 퇴출 △ 도로 외 영역에서의 감축 노력 등을 강조
  - 해운 분야는 전 세계 이산화탄소 배출량의 약 3%를 차지할 뿐이나 총배출량보다 빠른 속도로 늘어나고 있으며, 국제해운의 경우 국가간 이동을 위해 운영되는 만큼 다자협력이 필요
  
- ▶ 주요국은 해운 분야에 특화된 감축전략과 배출 규제를 수립·강화하였으며, 국제해사기구(IMO)는 감축목표 상향과 시장기반 조치(탄소세 등) 도입 여부를 논의 중임.
  - EU는 △ 배출권 거래제(EU ETS)에 해운 분야 편입 △ 선박연료 규제(FuelEU Maritime) 신설 및 면세조항 폐지 △ 인프라(대체연료 공급시설) 구축 및 기술 개발 등을 추진하고 있으며, 일본과 싱가포르도 민·관 협력을 토대로 별도의 로드맵 등을 수립
  - 국제해사기구(IMO)는 국제해운 온실가스 감축목표(2050년까지 2008년 대비 50% 감축) 상향과 탄소세 도입 여부를 검토하고 있으며, 민간이 주도하는 탄소배출 제로 연합(Getting to Zero Coalition), 세계 항만 기후행동 프로그램(WPCAP) 등도 감축 노력을 추진 중
  
- ▶ 분석결과를 토대로 본 연구는 수송 및 해운에서의 온실가스 배출량을 줄이기 위한 방안으로 △ 저탄소·무공해 연료 및 인프라 확대 △ 국제해운 온실가스 감축전략 수립 △ 다자협력 활성화 △ 민간의 감축 노력 및 해외 규제 대응 지원 등을 제안함.
  - 우리나라는 「제1차 친환경선박 개발·보급 기본계획」 등을 토대로 선박 관련 배출량을 줄이고 해외 청정수소 공급망을 구축하기 위한 노력을 시작하였으나, 다음과 같이 추진할 필요
    - [저탄소·무공해 연료 및 인프라 확대] 민간이 장기적 관점에서 저탄소·무공해 연료를 개발·활용하도록 지원체계 정비, 안전관리 기준 수립, 관련 인프라 투자 확대 등 추진
    - [국제해운 온실가스 감축전략 수립] 국제해운 관련 온실가스 감축을 위한 중장기 전략(감축 목표, 이행 계획, R&D 로드맵 등)을 수립하여 IMO의 환경 규제 및 감축목표 상향에 대비
    - [다자협력 활성화] 다양한 도시(항만), 국가 및 지역과의 협력을 추진하고, 안정적 해외 연료 도입을 위해 파트너국(호주 등)과의 에너지·환경 고위급 회의 등을 통해 사업 개발 과정 지원
    - [민간의 감축 노력 및 해외 규제 대응 지원] 감축 조치별로 차등화된 인센티브 제공방안을 고려하고, EU의 배출 규제, 시장기반 조치 도입 동향을 모니터링하며 대응방안 모색



## 차 례

1. 연구 배경
2. 국제사회의 수송 부문 온실가스 감축 현황
  - 가. 배출 현황
  - 나. 주요국 정책 비교분석
3. 해운 분야의 감축정책과 다자협력
  - 가. 배출 현황
  - 나. 주요국 정책 특징
  - 다. 다자협력
4. 시사점

참고문헌

## 1. 연구 배경

■ EU를 필두로 주요국의 탄소중립 목표 선언이 이어지면서 2018년 기준 전 세계 이산화탄소 배출량의 약 25%를 차지하는 수송 부문에 대한 감축 노력이 강화되고 있음.

- 2021년 1월 기준 전 세계 온실가스 배출량의 약 88%를 차지하는 136개국이 탄소중립(carbon neutral), 기후중립(climate neutral) 또는 넷제로(net-zero) 목표를 달성하겠다고 선언함.<sup>1)</sup>
- 수송은 연료연소에 의한 이산화탄소를 배출하는 주요 부문 중 하나로 2018년에 약 82억 5,770만 톤(총배출량의 24.6%)을 배출하였는데, 이는 2000년 대비 46.6%, 직전년도 대비 2.7% 늘어난 결과임.<sup>2)</sup>
- 주요국은 수송 부문의 배출량을 감축하기 위한 정책(EU: 지속가능한 스마트 모빌리티 전략, 미국: 친환경 차량 관련 행정명령, 일본: 그린성장전략 등)을 수립하고, 내연기관 차량 퇴출 계획, 저탄소·친환경 수송연료 관리 기준 등을 발표하고 있음.

■ 수송 부문에서 배출하는 이산화탄소는 도로에서 생성되는 경우가 많으나, 최근 비(非)도로에서 발생하는 배출량 중 해운 분야에 대한 정책적 관심과 다자협력이 요구되는 상황임.

- 수송 부문의 감축정책은 연료연소에 의한 이산화탄소 배출량의 70% 이상을 차지하는 도로에서의 배출량을 줄이기 위한 노력이 주를 이뤄왔으나, 도로 외 영역에서의 배출량에 대한 우려도 커지고 있는 상황으로 국제해사기구(IMO)<sup>3)</sup>는 국제해운 관련 온실가스 감축목표 상향 여부를 논의 중임.<sup>4)</sup>
  - 구테흐스 UN 사무총장도 2021년 10월 개최된 컨퍼런스에서 항공 및 해운 업계의 온실가스 감축 노력이 실패하였고, 새로운 각오로 나아가야 한다고 강조한 바 있음.<sup>5)</sup>
- 특히 사람이나 화물의 국가간 이동을 위해 운영되는 국제해운의 배출량을 줄이기 위해서는 선박이 출항한 국가, 입항한 국가 및 연관 국가가 함께 협력할 필요가 있음.

■ 수송 부문은 화석연료에 대한 의존도가 높아 중·장기적 관점에서의 에너지 전환 노력과 지원이 필요하며, 해상 운송은 친환경 연료(그린수소, 그린암모니아 등)<sup>6)</sup>를 활용하는 과정에서 중요한 역할을 담당할 것으로 예상됨.

- 단기적으로는 현재 사용 중인 차량용 휘발유, 병커유 등을 친환경 연료로 대체하기 어려운 상황이나, 이를 극복하기 위해 수소, 암모니아 등을 개발·활용하려는 노력이 본격화되고 있음.
- 해상 운송은 우리나라의 수출입을 뒷받침하는 핵심 물류 기반으로, 탄소중립 목표를 추진하는 과정에서 청정수소 등을 해외에서 도입하려면 이에 적합한 인프라 구축이 요구되는 상황임.

1) Net Zero Tracker, <https://zerotracker.net/>(검색일: 2022. 1. 12). 각 용어는 혼용되고 있으나 탄소중립은 주로 이산화탄소, 기후중립 또는 넷제로는 온실가스를 대상으로 순배출량을 '0(zero)'으로 만든다는 개념으로 사용되고 있음.

2) IEA(2020), "CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion 2020 Highlights," 온라인 자료(검색일: 2022. 1. 12).

3) International Maritime Organization.

4) *Ibid.*: IMO, "Marine Environment Protection Committee(MEPC) 77, 22-26 November 2021," 온라인 자료(검색일: 2022. 2. 21).

5) *The Guardian*(2021. 10. 14), "UN chief urges airlines and shipping firms to do more to cut emissions," 온라인 기사(검색일: 2022. 1. 12).

6) 그린수소(Green Hydrogen)는 재생에너지를 통해 만들어진 에너지로 물을 전기분해(수전해)하여 생산한 수소이며, 그린암모니아(Green Ammonia)는 이러한 그린수소를 이용하여 제조한 암모니아를 지칭함.

- 「제1차 수소경제 이행 기본계획」에 의하면, 2050년까지 수소 수요 전망을 청정수소(그린·블루 수소)로 공급하고, 우리나라 기술과 자본으로 생산한 해외 청정수소를 도입하여 청정수소 자급률을 60% 이상으로 확대할 방침임.<sup>7)</sup>

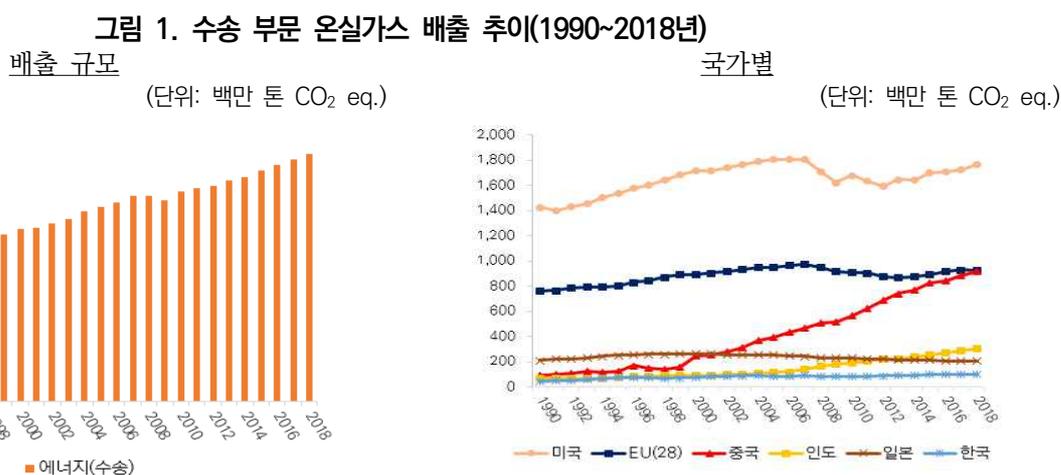
■ 이에 본고에서는 주요국이 수송 부문의 온실가스 배출량을 줄이기 위해 도입한 정책을 비교 분석하고, 해운 분야에서 이행되고 있는 세부 정책과 다자협력 사례를 살펴봄으로써 우리나라에 대한 시사점을 도출하고자 함.

## 2. 국제사회의 수송 부문 온실가스 감축 현황

### 가. 배출 현황

■ 지난 30여 년간 수송 부문에서 발생한 온실가스 배출량은 꾸준히 증가해왔으며, 주요 배출국은 미국, EU(28개국), 중국, 인도, 일본 등임(그림 1 참고).<sup>8)</sup>

- 1990년 이후 수송 부문의 온실가스 배출량은 지속적으로 늘어나 최근 5년간(2014~18년) 연평균 78억 8,590만 톤(CO<sub>2</sub> eq.)을 배출하였는데, 이는 총배출량의 17.4%, 에너지 연관 배출량<sup>9)</sup>의 21.7% 규모임.
- 같은 기간 국가별로는 미국(21.7%), EU(28개국, 11.5%), 중국(10.8%), 인도(3.4%), 일본(2.6%) 등의 순으로 배출 비중이 높았으며, 중국의 배출량이 빠른 속도(연평균 4.5%)로 증가하고 있음.
- 우리나라의 경우 전 세계 수송 부문 총배출량의 1.3%를 차지하나, 배출 증가 속도(연평균 2.4%)는 주요 배출국 중 개발도상국(중국, 인도, 인도네시아 등)을 제외하면 가장 빠른 수준



주: 토지 이용 변화 및 산림(LUCF: Land-Use Change and Forestry) 제외 총배출량 기준

자료: WRI CAIT, "Climate Watch Historical GHG Emissions," 온라인 자료(검색일: 2022. 1. 12) 토대로 저자 작성.

7) 관계부처 합동(2021a), p. 12, p. 20.

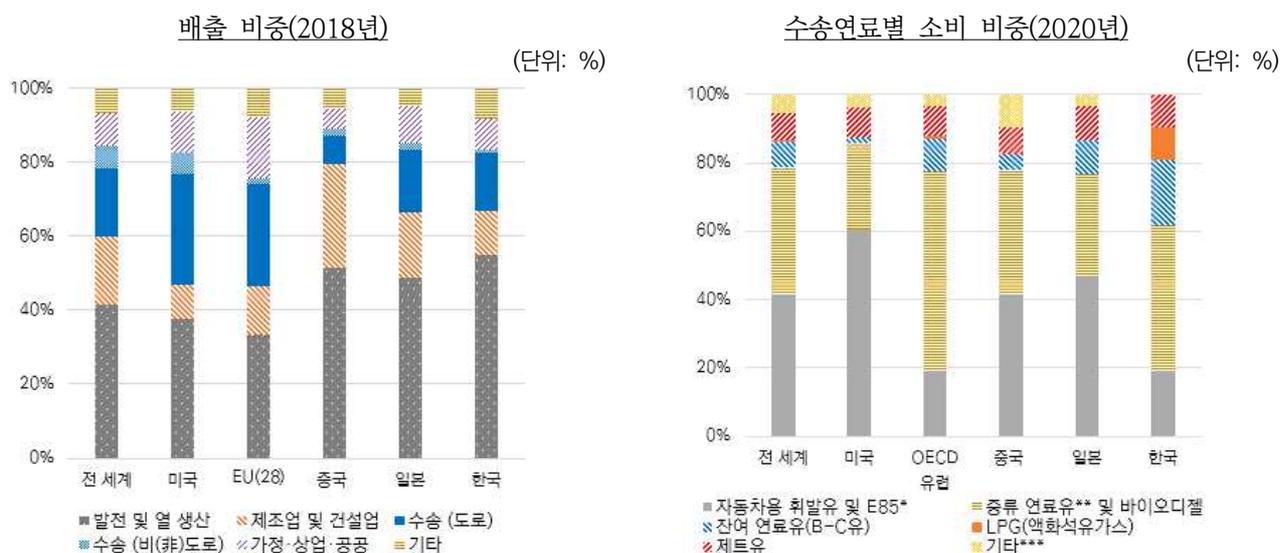
8) WRI, "Climate Watch Historical GHG Emissions," 온라인 자료(검색일: 2022. 1. 12).

9) 에너지 연관 배출량(연평균 363억 9,180만 톤 CO<sub>2</sub> eq.)은 △발전 및 열 생산 △수송 △제조업 및 건설업 △기타 등에서 발생한 배출량의 합계임.

■ 온실가스 중 최대 비중을 차지하는 이산화탄소로 한정하여 살펴보면, 주요 배출국 중 미국과 EU(28개국)에서 수송 부문이 차지하는 배출 비중이 각각 35.8%, 29.4%로 가장 높았음(그림 2 참고).<sup>10)</sup>

- [미국] 2018년 기준 미국의 수송 부문 이산화탄소 배출량은 약 17억 6,220만 톤(총배출량의 35.8%)으로 그중 도로에서의 배출 비중이 80%를 초과하고 있는데, 이는 대중교통보다 자동차로 이동하는 경우가 많아<sup>11)</sup> 자동차용 휘발유의 소비 비중이 상당히 높기 때문인 것으로 판단됨.
- [EU] 같은 해 EU의 수송 부문은 이산화탄소 총배출량의 29.4%인 약 9억 2,780만 톤을 배출하였으며, EU 자체적으로도 해당 부문의 배출량만 1990년 대비 증가하고 있어 개선 노력이 시급하다고 평가한 바 있음.<sup>12)</sup>
- [일본, 중국] 일본과 중국의 이산화탄소 배출량에서 과반 정도를 차지하는 부문은 발전 및 열 생산(Electricity and heat production)이었으나, 일본에서 수송 부문이 두 번째로 높은 배출 비중(18.9%)을 차지했던 것과는 달리 중국에서는 제조업 및 건설업(28.0%)이 수송 부문(9.6%)보다 높았음.
- [우리나라] 우리나라에서 수송은 발전 및 열 생산(54.9%)에 이어 두 번째로 높은 배출 비중(16.8%)을 기록하고 있는 부문으로, 휘발유만큼 경유를 이용하는 차량도 많아 증류 연료유의 소비 비중이 높게 나타남.<sup>13)</sup>

그림 2. 수송 부문 이산화탄소 배출 비중 및 수송연료별 소비 비중



주: 연료연소에 의한 이산화탄소 배출량 기준.

자료: IEA(2020), "CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion 2020 Highlights," 온라인 자료(검색일: 2022. 1. 12) 토대로 저자 작성.

주: 1) E85: 85%의 에탄올과 15%의 휘발유가 혼합된 대체에너지.

2) 증류 연료유(distillate fuel oil): 디젤 엔진용 연료(경유), 보일러 등유 등.

3) 기타는 천연가스, 전력, 기타 액화연료 등 포함.

자료: U.S. Energy Information Administration(2021), "International Energy Outlook 2021," 온라인 자료(검색일: 2022. 1. 12) 토대로 저자 작성.

10) 연료연소에 의한 이산화탄소 배출량(2018년) 및 수송연료 사용량(2020년) 기준. IEA(2020), "CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion 2020 Highlights," 온라인 자료; U.S. Energy Information Administration(2021), "International Energy Outlook 2021," 온라인 자료(모든 자료의 검색일: 2022. 1. 12).

11) 미국의 육상교통수단 중 자동차의 부담 비율(2015년)은 89.5%로 대중교통으로 구분되는 버스(10.3%), 철도(0.2%)에 비해 상당히 높음. 국가교통DB(2018), 「통계로 본 교통: 2017 교통 주요 이슈에 관한 인사이트」, p. 69, 온라인 자료(검색일: 2022. 2. 1).

12) European Commission(2020b), p. 5.

13) 2020년 기준. 대한석유회회, 「사용연료별 자동차 등록대수」, 온라인 자료(검색일: 2022. 1. 19).

## 나. 주요국 정책 비교분석

■ 주요 배출국인 미국, EU, 일본, 중국을 비롯하여 우리나라가 수송 부문의 배출량을 감축하기 위해 수립한 정책은 공통적으로 △감축목표 설정 △저탄소·친환경 운송수단 보급 확대 △내연기관 차량 퇴출 등을 강조하고 있음.

■ [감축목표 설정] 수송 부문 감축목표는 각국이 상향된 중·장기 감축목표를 달성하기 위해 수립한 세부 목표 중 하나로 제시됨.

- [표 1]과 같이 주요 배출국은 파리협정(Paris Agreement)에 의거하여 2020년 말까지 기존보다 상향된 국가감축목표(NDC)<sup>14</sup>와 장기 저탄소 발전전략(LEDs)<sup>15</sup>을 제출한 바 있음.<sup>16</sup>
- EU, 일본 및 우리나라의 수송 부문 감축목표는 국가감축목표(2030년) 또는 탄소중립/넷제로(2050년)를 달성하기 위한 세부 목표 중 하나로 포함됨.<sup>17</sup>
- 미국은 별도의 행정조치를 통해 항공 연관 감축목표를 설정하였고, 중국은 이산화탄소 배출 개선 지표(2025년)와 감축 계획(2035년까지 차량 관련 이산화탄소 배출량 정점 대비 20% 이상 감축)을 발표함.<sup>18</sup>

표 1. 주요국의 수송 부문 감축목표 비교

국가	감축 대상	온실가스 감축목표	
		상향된 국가감축목표(2030년)	'수송' 관련 감축목표
미국	온실가스 (GHGs)	· 2030년까지 2005년 대비 50~52% 감축	· 2030년까지 항공 분야 배출 전망치(BAU) 대비 20% 감축, 2050년까지 넷제로 추진
EU	온실가스 (GHGs)	· 2030년까지 1990년 대비 최소 55% 감축	· 2050년까지 1990년 대비 90% 감축
일본	온실가스 (GHGs)	· 2030년까지 2013년 대비 46% 감축	· 2030년까지 2013년 대비 35% 감축
중국	이산화탄소 (CO <sub>2</sub> )	· 2030년까지 탄소 배출 정점 도달 · 2030년까지 2005년 대비 GDP 단위당 배출량 65% 이상 감축	· 2035년까지 정점(2028년 예상) 대비 차량 관련 이산화탄소 배출량 20% 이상 감축
한국	온실가스 (GHGs)	· 2030년까지 2018년 대비 40% 감축	· 2030년까지 2018년 대비 37.8% 감축 · 2050년까지 2018년 대비 90.6~97.1% 감축

자료: 본문에서 인용한 국가별 정책 문서를 토대로 저자 정리.

14) Nationally Determined Contribution(국가결정기여).

15) Long-term low greenhouse gas Emission Development Strategies.

16) UNFCCC NDC Registry, 온라인 자료(검색일: 2022. 1. 19).

17) European Commission(2020a), p. 2; 環境省(2021), p. 19; 2050 탄소중립위원회, 「2030 국가온실가스 감축목표」, 및 「탄소중립 시나리오안」, 온라인 자료; European Commission, "Make Transport Greener," 온라인 자료(모든 자료의 검색일: 2022. 1. 24).

18) The White House(2021. 9. 9), "FACT SHEET: Biden Administration Advances the Future of Sustainable Fuels in American Aviation," 온라인 보도자료(검색일: 2022. 1. 24); 国务院(2021a); 国务院(2021b); 中国汽车工程学会(2020), 「节能与新能源汽车技术路线图2.0」, p. 23.

■ [저탄소·친환경 운송수단 보급 확대] 주요국의 수송정책은 화석연료에 대한 의존도를 낮추고 전기차, 수소차, 무공해 선박·항공기 등을 도입·확대하는 데 중점을 두고 있으며, 이를 위한 인프라를 구축하고자 노력 중임.

- EU는 「유럽 그린딜」의 후속조치 중 하나인 「지속가능한 스마트 모빌리티 전략」을 통해 2050년까지 대부분의 차량과 신규 대형 운송수단이 무공해(zero emission) 운송수단이 되도록 추진하고자 함.<sup>19)</sup>
- 일본은 「그린성장전략」을 통해 2035년까지 신차 판매에서 전기차의 비중이 100%가 되도록 확대하고, 휘발유차와 동일한 편의를 제공하는 충전 인프라를 구축할 계획임을 발표함.<sup>20)</sup>
- 미 바이든 대통령은 2030년까지 새롭게 판매되는 차량의 50%가 무공해차<sup>21)</sup>가 되도록 추진하고 전국 단위의 충전 네트워크를 구축하겠다고 선언하였고,<sup>22)</sup> 중국은 2035년까지 신에너지·에너지절약형 차량<sup>23)</sup>의 판매 비중이 각각 50%가 되도록 추진할 계획임.<sup>24)</sup>
- 우리나라의 경우 2030년까지 전기차와 수소차를 450만 대 보급하고, 이를 위한 충전 환경(전기충전기, 수소충전소 등)을 조성할 예정임.<sup>25)</sup>

■ [내연기관 차량 퇴출] EU 등 주요 배출국은 신규 내연기관 차량의 판매를 2035년까지 금지할 계획이며, 그 외 국가도 유엔기후변화협약(UNFCCC)<sup>26)</sup> 당사국회의(COP26)에서 2040년까지의 퇴출 계획을 선언함.

- EU는 2030년까지의 감축목표 달성을 위한 법안 패키지인 'Fit for 55'를 통해 역내 판매되는 신규 차량(승용차, 소형 상용차)의 평균 이산화탄소 배출량을 2035년까지 100% 감축하도록 규제하고자 함.<sup>27)</sup>
- 일본과 중국은 전기차 보급 목표를 밝히며 사실상 2035년까지 신규 내연기관 승용차를 퇴출하겠다고 선언하였고, 미국 일부 주(캘리포니아 등)와 우리나라(서울시)도 2035년을 내연기관 차량 퇴출 기한으로 제시함.<sup>28)</sup>
- 2021년 개최된 당사국회의(COP26)에 참석한 38개국, 46개 도시·지방정부, 11개 제조업체 등도 주요 시장에서는 2035년까지, 그 외 국가에서도 2040년까지 무공해 차량만 판매할 것임을 선언함.<sup>29)</sup>

19) European Commission(2020a), pp. 2-3; European Commission, "Make Transport Greener," 온라인 자료(검색일: 2022. 1. 24).

20) 内閣官房 외(2021), pp. 60~71.

21) 배터리식 전기차(BEV: Battery Electric Vehicles), 플러그인 하이브리드 전기차(PHEV: Plug-in Hybrid Electric Vehicles), 연료전지 전기차(FCEV: Fuel Cell Electric Vehicles) 등.

22) The White House(2021. 8. 5), "Strengthening American Leadership in Clean Cars and Trucks," 온라인 보도자료(검색일: 2022. 1. 24).

23) '신에너지차(新能源汽车)'는 순수전기차(纯电动汽车, 배터리식 전기차), 하이브리드(混合动力汽车) 및 플러그인 하이브리드 전기차(插电式混合动力汽车), 연료전지 전기차(燃料电池汽车)를 통칭하며, '에너지 절약형 차량(节能汽车)'은 내연기관을 사용하나 연료효율이 기준치 대비 높은 차량을 의미함.

24) 중국 공업정보화부(工业和信息化部)의 주관 아래 중국자동차공정학회(中国汽车工程学会)가 2016년판 「신에너지·에너지 절약형 차량 기술 로드맵(节能与新能源汽车技术路线图)」을 수정 및 구체화한 로드맵 2.0(2020년)을 발표함. 中国汽车工程学会(2020), 「节能与新能源汽车技术路线图2.0」, p. 24.

25) 국토교통부(2021), pp. 8~9.

26) United Nations Framework Convention Climate Change.

27) 2030년까지 2021년 대비 55%(승용차), 50%(소형 상용차) 이하로 감축하고, 2035년까지 이를 100% 감축하도록 명시함. European Commission, "Make Transport Greener," 온라인 자료(검색일: 2022. 1. 24); European Commission(2021a), Article 1.

28) 内閣官房 외(2021), p. 60; 国务院(2020); 中国汽车工程学会(2020), 「节能与新能源汽车技术路线图2.0」, p. 24; Office of Governor Gavin Newsom(2020. 9. 23), "Governor Newsom Announces California Will Phase Out Gasoline-Powered Cars & Drastically Reduce Demand for Fossil Fuel in California's Fight Against Climate Change," 온라인 보도자료: 서울시(2020. 7. 8), 「박원순 시장, '서울판 그린뉴딜'로 경제위기·기후위기 동시극복」, 온라인 보도자료(모든 자료의 검색일: 2022. 1. 21).

29) "COP26 declaration on accelerating the transition to 100% zero emission cars and vans," 온라인 자료(검색일: 2022. 1. 21).

- 최근 비도로(철도, 해운, 항공 등)에서의 감축 노력도 강화되는 추세로 EU는 관련 배출량을 줄이기 위한 제도를 정비하고 있으며, 미국은 지속가능한 항공연료(SAF),<sup>30)</sup> 일본은 수소·연료 암모니아에 대한 활용 계획을 발표함.
- EU는 비도로에서 발생하는 배출량에 대해 명확한 정책 목표와 방향을 제시하고 있는 지역으로, 해운 및 항공 분야에 대한 배출 규제로서 배출권 거래제(EU ETS),<sup>31)</sup> 연료 관리기준 등을 강화하고 있음.<sup>32)</sup>
  - EU ETS 관련 계획으로 △ 도로수송 및 건물에 대한 별도의 배출권 거래제 신설 △ 기존 배출권 거래제 대상 범위에 해운 분야 추가 △ 항공 분야에 대한 무상할당 단계별 축소 및 폐지 등 발표
- 미국은 2050년까지 생애 주기 관점에서의 온실가스 배출량이 기존 연료보다 최소 50% 적은 지속가능한 항공 연료(SAF)만 사용하겠다고 발표하였고, 국제해사기구(IMO)에 국제해운 넷제로 목표 수립을 제안함.<sup>33)</sup>
- 일본은 탄소중립 달성을 위한 14개의 중점 분야(수소·연료 암모니아, 자동차, 선박, 항공기 등)를 선별한 후 분야별·단계별 추진 계획을 수립하였으며, 그린 이노베이션 기금(2조 엔)을 조성하여 활용할 예정임.<sup>34)</sup>
- 우리나라의 경우 국토교통부가 대중교통 이용 활성화 등을 포함한 탄소중립 추진 로드맵을 수립하였고, 해양수산부가 선박과 항만에서 발생한 국내 배출량을 줄이기 위한 로드맵을 발표한 바 있음.<sup>35)</sup>

### 3. 해운 분야의 감축정책과 다자협력

#### 가. 배출 현황

- 해운 분야에서 배출한 온실가스<sup>36)</sup>는 대부분 이산화탄소로 배출 규모는 전 세계 이산화탄소 총배출량의 약 3%에 불과하나, 1990년 이후 배출량 증가 속도가 총배출량보다 빨라 개선이 시급한 상황임(그림 3 참고).<sup>37)</sup>
- 지난 30여 년간 해운 분야의 온실가스 배출량은 꾸준히 늘어나 2018년 기준 약 10억 7,600만 톤(CO<sub>2</sub> eq.)을 기록하였는데, 이는 1990년 대비 약 2배, 2012년 대비 9.6% 늘어난 결과임.
- 같은 해 해운 분야에서 배출한 온실가스의 약 98%가 '이산화탄소'로 배출 규모로는 전 세계 이산화탄소 총배출량의 약 3% 비중을 차지할 뿐이나, 최근 5년간(2014~18년) 총배출량이 연평균 약 1% 증가한 것보다 빠른 속도(연평균 2.3%)로 늘어나고 있음.

30) Sustainable Aviation Fuel. 기존 연료에 바이오매스를 혼합하여 생산한 항공연료.

31) European Union Emissions Trading System.

32) European Commission(2020a), pp. 2-3, pp. 11-12; European Commission, "Make Transport Greener," 온라인 자료(검색일: 2022. 1. 24).

33) The White House(2021. 9. 9), "FACT SHEET: Biden Administration Advances the Future of Sustainable Fuels in American Aviation," 온라인 보도자료; The White House(2021. 4. 23), "FACT SHEET: President Biden's Leaders Summit on Climate," 온라인 보도자료(모든 자료의 검색일: 2022. 1. 20).

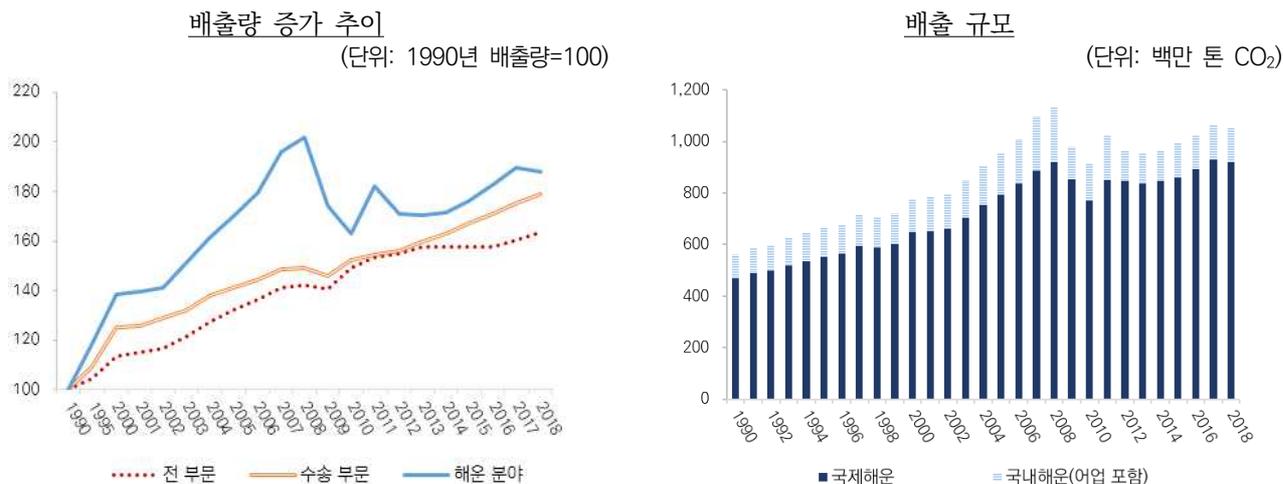
34) 内閣官房 외(2021), pp. 6~8, pp. 28~128 참고.

35) 국토교통부(2021); 해양수산부(2021).

36) 이산화탄소(CO<sub>2</sub>), 메탄(CH<sub>4</sub>) 및 아산화질소(N<sub>2</sub>O).

37) 선박 기반 배출량 기준. IMO(2009); IMO(2015); IMO(2021a).

그림 3. 해운 분야 이산화탄소 배출 추이(1990~2018년)



주: 우측 그래프에서 배출량은 선박 기준(vessel-based)이며, 국내해운의 경우 어업(Fishing)을 포함함.

자료: IMO(2009), p. 29; IMO(2015), p. 1; IMO(2021a), p. 2; WRI CAIT, "Climate Watch Historical GHG Emissions," 온라인 자료(검색일: 2022. 1. 12) 토대로 저자 작성.

■ 국제해운은 해운 분야에서 가장 많은 배출 비중을 차지하는 영역이나, 각국의 온실가스 인벤토리 보고서에서는 참고자료('국제 번커링'의 세부 항목)의 형태로 집계되고 있어 이러한 증가세가 간과되고 있다고 판단됨.

- 해운 분야 온실가스 배출량에서 국제해운의 비중이 80%를 초과하나, 각 당사국이 유엔기후변화협약(UNFCCC) 사무국에 제출하는 온실가스 인벤토리 보고서에는 국제해운이 참고자료의 형태로 제출되고 있을 뿐임.
- 국제해사기구(IMO)가 2000년부터 온실가스 배출 보고서(IMO GHG Study)를 발표하고 있으나, 약 5년 주기로 갱신되고 있어 타 분야에 비해 주목받고 있지 못한 상황임.

■ 최근 국제해운의 에너지 효율 수준이 개선되고 있음에도 연료연소에 의한 이산화탄소 배출량은 늘어나고 있으며, 주요 배출국은 싱가포르, EU(28개국), 미국, UAE, 러시아, 네덜란드, 한국, 중국 등임(그림 4 참고).<sup>38)</sup>

- 분석기간(2014~18년) 국제해운의 연료연소에 의한 이산화탄소 배출량은 연평균 약 6억 7,670만 톤으로 연평균 2.7% 증가하고 있으며, 국제해사기구(IMO)는 국제해운의 에너지 효율 운항 지표(EEOI)<sup>39)</sup> 등이 2008년에 비해 개선되고 있으나 2015년 이후 개선 속도가 느려지고 있다는 점을 지적함.<sup>40)</sup>
- 같은 기간 국가별로는 싱가포르(21.8%), EU(28개국, 20.5%), 미국(9.3%), UAE(7.5%), 러시아(5.8%), 네덜란드(5.5%), 우리나라(4.6%), 중국(4.5%) 등의 순이었음.
  - 싱가포르는 해상 선박에 연료를 공급하는 행위와 설비를 통칭하는 '번커링(bunkering)'과 관련하여 세계 1위의 번커링 허브(hub) 항만을 보유한 국가로, 2020년 기준 4,980만 톤의 연료 판매 실적을 기록한 바 있음.<sup>41)</sup>

38) 중국의 경우 홍콩을 제외한 배출량 기준. IEA(2020), "CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion 2020 Highlights," 온라인 자료(검색일: 2022. 1. 12).

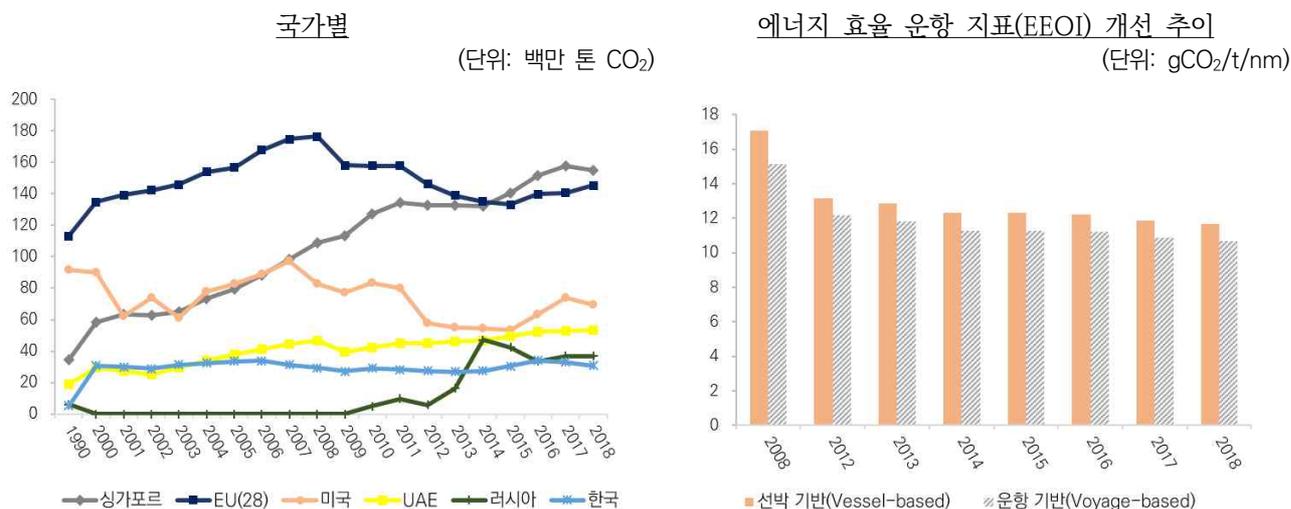
39) Energy Efficiency Operational Indicator. 선박의 단위 화물량 및 운송 거리당 이산화탄소 배출량을 의미.

40) IMO(2021a), pp. 1-2.

41) SAFETY4SEA, "Singapore remained world's top bunkering port in 2020," 온라인 자료(검색일: 2022 .2. 7).

- 중국의 경우 배출 규모는 8위이지만 배출량 증가 속도는 주요 배출국 중 가장 빠른 연평균 약 10.2%를 기록 중이며, 2020년 컨테이너 물동량(TEU)<sup>42)</sup>을 기준으로 싱가포르항(2위) 외 5대 항만이 전부 중국에 위치함.<sup>43)</sup>

그림 4. 국제해운의 연료연소에 의한 이산화탄소 배출 특징



자료: IEA(2020), "CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion 2020 Highlights," 온라인 자료(검색일: 2022. 1. 12); IMO(2021a), p. 2 토대로 저자 작성.

#### ■ 선박연료를 친환경 연료로 전환하려는 노력은 해운 분야의 '탈탄소화'에 있어 핵심 이슈로, 장기적 관점에서 무공해 연료(그린수소, 그린암모니아, 바이오 연료 등)가 주목받고 있음(표 2 참고).

- 분석기간(2012~18년) 국제해운 관련 온실가스를 최다 배출하는 선박은 화석연료인 중유(HFO)<sup>44)</sup>와 혼합유(MDO)<sup>45)</sup>의 사용량과 비중이 모두 높은 컨테이너선, 벌크선, 유조선 등임.<sup>46)</sup>
- 화석연료를 대체할 수 있는 선박연료로는 무공해 연료로의 전환 과정에서 가장 현실적인 대안인 LNG가 손꼽히며, 장기적으로는 그린수소, 그린암모니아, 바이오 연료, 친환경 방식으로 생산한 메탄올 등이 있음.
- Hydrogen Council and McKinsey & Company(2021)는 컨테이너선의 경우 저탄소 연료 중에서는 LNG와 혼합연료, 장기적으로는 무공해 연료 중 그린암모니아가 가장 저렴할 것으로 분석하였고, 여객선의 경우 그린수소, 직접 포집한 이산화탄소로 등으로 생산한 메탄올이 무공해 연료 중에서 사용 가능할 것으로 전망함.<sup>47)</sup>

42) Twenty Footer Equivalent Unit. 길이가 20피트인 컨테이너로 환산한 물량을 의미함.

43) World Shipping Council, "The Top 50 Container Ports," 온라인 자료(검색일: 2022. 2. 7).

44) Heavy Fuel Oil.

45) Marine Diesel Oil(경유 및 중유 혼합유).

46) 운항 기반(voyage-based) 배출량 기준. IMO(2021a), pp. 7-10, pp. 92-93.

47) Hydrogen Council and McKinsey & Company(2021), pp. 35-37.

표 2. 친환경 선박연료별 장·단점 및 선박용 중유와의 비교

연료명	장점	단점/과제	배출량*	부피**
LNG	· 중유 대비 CO <sub>2</sub> 배출량 약 30% 감축 가능 · 무공해 연료로의 전환 과정에서 활용 가능	· 메탄 슬립(slippage) 발생	0.74	1.65
수소 (H <sub>2</sub> )	· 재생에너지 기반 그린수소: CO <sub>2</sub> 무배출 · 소형 여객선에 적합 · 소형 수소연료혼소선·연료전지선 실적 있음	· 낮은 액화 온도(-253℃)로 취급이 어려움 · 장거리 운항 시 대형 저장 탱크 필요 · 공급 인프라 부족, 병커링 기술 미성숙	0	4.46
암모니아 (NH <sub>3</sub> )	· 그린수소 기반 그린암모니아: CO <sub>2</sub> 무배출 · 수소 대비 액화 및 저장 용이 · 비료용 물류 인프라 활용 가능	· 독성 누출 가능 · 질소산화물(NO <sub>x</sub> ) 배출 가능 · 아산화질소(N <sub>2</sub> O) 배출 가능	0	2.72
메탄 (CH <sub>4</sub> )	· 바이오가스: CO <sub>2</sub> 무배출 · LNG 인프라 활용 가능	· 원료 공급 문제 발생 가능	0.71 (0)	1.80
바이오 디젤	· CO <sub>2</sub> 무배출	· 원료 공급 문제 발생 가능 · 저장 안정성 문제 발생 가능	0	(~1.2)
메탄올 (CH <sub>3</sub> OH)	· 생산 방식에 따라 CO <sub>2</sub> 무배출 가능 · 취급 용이	· 선박 추진 과정에서 CO <sub>2</sub> 배출 가능	0.90 (0)	2.39

주 1) 배출량\*은 선박용 중유 대비 열량당 아산화탄소(CO) 배출량으로 괄호 안의 숫자는 탄소 리사이클 연료(CO<sub>2</sub> 분리 회수, 재이용에 의한 연료), 바이오 연료인 경우임

2) 부피\*\*는 선박용 중유 대비 열량당 연료 체적(燃料体積, 액화 시)을 의미함

3) 배출량 및 부피는 IPCC 가이드라인(2006) 및 IMO의 에너지효율설계지수(EEDI) 산출 가이드라인(2018)의 저유발열량, CO<sub>2</sub> 배출계수 등을 토대로 산출됨

4) 메탄올의 경우 그린수소, 작접 포집한 CO<sub>2</sub> 등을 이용하여 생산한 경우 CO<sub>2</sub> 무배출이 가능함

자료: Hydrogen Council and McKinsey & Company(2021), pp. 34-35; 国土交通省, 日本船舶技術研究協会, 日本財団(2020), p. 11.

## 나. 주요국 정책 특징

### 1) EU

■ EU는 해운 분야의 배출량을 감축하기 위해 가장 적극적으로 노력하고 있는 지역으로 ① 배출권 거래제(EU ETS)로의 편입 ② 선박연료 규제(FuelEU Maritime) 신설 및 면세조항 폐지 ③ 인프라 구축 및 기술 개발 등을 추진 중임.

■ [① 배출권 거래제(EU ETS)로의 편입] EU는 2023년부터 EU ETS의 대상 범위에 해운을 추가하고 2026년부터 전면 시행할 예정이며, 이를 통해 대형 선박의 역내 배출량(100%)과 EU 항구에서 입항 또는 출항한 역외(extra-EU) 배출량의 50%를 관리하고자 함.<sup>48)</sup>

- [배경] EU는 「지속가능한 스마트 모빌리티 전략」에서 오염자 및 이용자 비용부담 원칙('polluter pays' and 'user pays' principles)에 따라 운송수단 이용자가 지속가능한 선택을 하도록 더 많은 인센티브를 제공해야 하며, 이를 위해 가장 효과적인 시장 메커니즘 중 하나인 EU ETS를 강화하겠다고 발표함.
- [목적] 해운은 1990년 대비 배출량이 증가세이고 별도의 조치가 없다면 배출 전망치(BAU)가 늘어날 것으로 예상되므로, 상향된 감축목표를 달성하기 위해 EU ETS에 해운을 편입시켜 감축 노력을 강화할 필요가 있음.

48) European Commission(2020a), pp. 11-12; European Commission(2021b), Article 3, 9, 10, 16.

- [적용 시점] 2023년부터 점진적으로 시행되며, 이행 주체가 확보해야 하는 배출권은 매년 보고·검증된 배출량의 20%(2023년) → 45%(2024년) → 70%(2025년) → 100%(2026년)로 확대될 예정이다.
- [적용 대상] 5,000톤(GT) 이상의 대형 선박이 EU 내에서 항해·정박하는 과정에서 배출된 온실가스 전량(100%)과 EU 항구와 역외 국가 간 항해 과정에서 배출한 온실가스의 50%에 적용됨.
- [이행 주체] EU ETS의 이행 주체는 해운 회사이며, 행정당국(administering authority)은 △해운 회사가 등록된 EU 회원국 △EU 회원국에 미등록된 해운 회사는 지난 2년간(모니터링 기간) 최다 운항한 EU 회원국 △EU 회원국에 미등록된 신규 해운 회사는 최초 운항한 항구가 있는 EU 회원국 등으로 결정됨.
- [기타] 배출권 연관 수입의 일부는 현대화기금(Modernisation Fund) 등을 통해 역내 회원국의 에너지 효율 향상과 시스템 개선을 위해 사용될 예정이며, 해당 지침을 위반할 경우 패널티(100유로/톤(CO<sub>2</sub> eq.))가 부과되고, 2년 이상 연속으로 위반 시 역내 입항이 거부될 예정임.
  - EU ETS의 배출허용총량은 개정안의 발효 시점을 기준으로 선형감축계수(linear reduction factor)에 따라 매년 4.2%씩 줄어들 예정이며, 4기(2021~30년) 해운 분야에 대한 무상할당 비중은 아직 확정되지 않았음.

■ [② 선박연료 규제 신설 및 면세조항 폐지] 역내 최초의 선박연료 대상 규제(안)인 ‘FuelEU Maritime 이니셔티브’를 통해 재생에너지와 저탄소 연료로의 전환을 도모하고 있으며, 선박연료에 대한 면세조항을 폐지함.

- [FuelEU Maritime 이니셔티브] 재생에너지 및 저탄소 연료 사용을 장려하기 위해 도입된 최초의 선박연료 규제 적용 대상은 EU ETS 지침 개정안과 동일하며, 온실가스 집약도 저감목표(2025~50년)와 특정 선박(컨테이너선 등)이 항구 정박 시 사용하는 에너지에 대한 관리 기준(2030년~)을 제시함(표 3 참고).<sup>49)</sup>

표 3. EU의 해운 분야 감축정책: EU ETS 및 FuelEU Maritime 이니셔티브

구분	EU ETS 지침 개정(안)	FuelEU Maritime 이니셔티브(안)																			
대상	· 5,000톤(GT) 이상 대형 선박의 EU 역내 온실가스 배출량 100%, 역외 온실가스 배출량 50% 관리																				
목적	· 효과적인 시장 메커니즘인 EU ETS를 활용한 해운 분야 온실가스 배출량 감축 강화	· 재생에너지 및 저탄소 선박연료 사용 확대																			
기간	· 2023년부터 점진적으로 시행 · 2026년부터 전면 시행	· [온실가스 집약도] 2025~50년 시행 · [항구 정박 시 에너지 사용량] 2030년부터 시행																			
주요 내용	· 연도별 배출권 확보 비중(%)	· 2020년 대비 온실가스 집약도 저감목표																			
	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <th>'23년</th> <th>'24년</th> <th>'25년</th> <th>'26년~</th> </tr> <tr> <td>20%</td> <td>45%</td> <td>70%</td> <td>100%</td> </tr> </table>	'23년	'24년	'25년	'26년~	20%	45%	70%	100%	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <th>'25년</th> <th>'30년</th> <th>'35년</th> <th>'40년</th> <th>'45년</th> <th>'50년</th> </tr> <tr> <td>-2%</td> <td>-6%</td> <td>-13%</td> <td>-26%</td> <td>-59%</td> <td>-75%</td> </tr> </table>	'25년	'30년	'35년	'40년	'45년	'50년	-2%	-6%	-13%	-26%	-59%
'23년	'24년	'25년	'26년~																		
20%	45%	70%	100%																		
'25년	'30년	'35년	'40년	'45년	'50년																
-2%	-6%	-13%	-26%	-59%	-75%																
	· 배출권 수입의 일부는 역내 일부 회원국의 에너지 효율 향상과 시스템 개선을 위해 사용	· EU 항구 정박 시 필요한 에너지 사용량 관리 - 컨테이너선, 여객선의 경우 전력으로만 충당 필요																			
기타	· 위반 시 패널티 100유로/톤(CO <sub>2</sub> eq.) 부과, 2년 연속 위반 시 입항 거부	· 위반 시 별도 산출 공식에 따라 패널티 부과																			

주: 해운 분야에서 배출하는 온실가스는 이산화탄소(CO<sub>2</sub>), 메탄(CH<sub>4</sub>) 및 아산화질소(N<sub>2</sub>O)이며, 황산화물(SO<sub>x</sub>), 미세먼지 등 대기오염물질도 배출됨.  
 자료: European Commission(2021b), Article 3, 9, 10, 16; European Commission(2021c), Article 1~5, Article 20, Annex V.

49) European Commission(2021c), Article 1~5.

- 선박이 연간 사용한 에너지 단위당 평균 온실가스 집약도를 관리하기 위한 기준으로 2020년 대비 -2%(2025년)부터 -75%(2050년)까지의 점진적 저감목표를 제시하였으며, 2030년부터 대형 컨테이너선과 여객선이 EU 항구에서 2시간 이상 정박 시 사용하는 모든 에너지는 전력으로 공급해야 함을 명시
- [선박연료 대상 면세 철폐] 2023년부터 선박연료로 사용되는 에너지 제품과 전력에 대해 과세하되, 지속가능한 바이오 연료 등 친환경 연료에 대한 혜택(과도기 10년간 면세 등)을 제공할 예정임.<sup>50)</sup>

■ [③ 인프라 구축 및 기술 개발] 친환경 선박연료 사용에 필요한 인프라(육상전력 공급설비(shore-side electricity supply), 대체연료 공급 시설 등을 구축할 계획이며, Horizon Europe<sup>51)</sup>을 통해 기술 연구·개발을 적극 추진 중임.

- [육상전력 공급설비 구축] 앞서 살펴본 'FuelEU Maritime 이니셔티브'에서 특정 선박이 역내 항구에 정박할 경우 필요한 에너지를 전력으로만 충당하도록 관리하겠다는 계획을 발표함에 따라 각국은 해당 제도 시행(2030년) 전까지 육상전력 공급설비를 확보하는 데 필요한 조치를 취해야 함.<sup>52)</sup>
- [대체연료 공급 시설 확충] EU의 목표대로 2030년까지 무공해 선박을 상용화하고 화석연료 기반 선박을 교체하려면 수명주기가 긴 선박의 특성상 상당한 시간이 소요될 것이며, 이러한 전환 과정에서 LNG 선박이 중요한 역할을 할 수 있을 것이므로 2025년 이전까지 역내 주요 항만에 LNG 공급 시설을 확충할 계획임.<sup>53)</sup>
  - EU는 대체연료를 △무공해 운송수단용 대체연료(전력, 수소, 암모니아) △재생연료(바이오매스, 바이오 연료, 재생 에너지로 생산된 합성연료 등) △ 전환기용 화석연료(LNG 등)로 정의
- [기술 연구·개발] EU 집행위는 2050년까지 넷제로 달성에 필요한 기술 연구·개발 및 혁신을 목표로 산업계, 연구기관, 협회 등이 주도하는 WATERBORNE TP(Technology Platform)와 '무공해 수상 운송 파트너십'<sup>54)</sup> 관련 양해각서를 체결하고, Horizon Europe 체계하에서 추진되는 공동 사업에 필요한 자금을 지원 중임.<sup>55)</sup>
  - 2021년 11월, 해당 파트너십 위원회(Board)는 2021년 6월부터 2022년 12월까지의 추가 활동계획(Additional Activities Plan)에 대한 투자로 9억 5,500만 유로를 승인하였고, Horizon Europe 작업계획(2021~22년)에는 LNG 선박의 메탄 슬립 방지, 대형 친환경 암모니아 엔진 타당성 등에 대한 총 12개의 공동 사업이 포함됨.<sup>56)</sup>

50) European Commission(2021d), Article 15, Annex I.

51) EU 차원으로 운영되는 대표적인 연구 지원 프로그램으로, 예산 규모는 약 955억 유로(2021~27년)임. European Commission, "Horizon Europe," 온라인 자료(검색일: 2022. 2. 15).

52) European Commission(2021c), Article 5; European Commission(2021e), Article 9~10. 해당 설비는 유럽 전역을 원활하게 연결하기 위해 추진 중인 TEN-T(Trans-European Transport Network)의 핵심(TEN-T core) 및 종합 연결망(TEN-T comprehensive network)에 위치한 항만(해항, maritime port)과 내륙 수로 항구(inland waterway port)에 설치될 예정임.

53) European Commission(2021e), Article 2, 11.

54) Partnership on Zero Emission Waterborne Transport.

55) WATERBORNE Technology Platform and European Union, "Memorandum of Understanding for the Co-programmed European Partnership for Zero-emission Waterborne Transport," 온라인 자료: "European Zero Emission Waterborne Transport Partnership adopts investment strategy," 온라인 자료(모든 자료의 검색일: 2022. 2. 15).

56) European Commission(2021f), "Horizon Europe - Work Programme 2021-2022: 8. Climate, Energy and Mobility," pp. 320-351.

## 2) 일본

■ 일본은 수소 및 암모니아 연료에 대한 정책적 관심을 바탕으로 ① 선박의 탈탄소화 ② 친환경 연료의 해외 공급망 구축 ③ 국제 논의에 적극 참여 등을 추진하고 있음.

■ [① 선박의 탈탄소화] 일본은 「국제해운의 제로 배출을 위한 로드맵」, 「지구온난화대책계획」, 「그린성장전략」 등을 통해 대체연료를 사용하는 무공해 선박<sup>57)</sup>을 도입·확대하기 위한 단계별 목표와 과제를 수립함.

- 2020년 발표된 「국제해운의 제로 배출을 위한 로드맵」은 온실가스 배출 시나리오 분석 등을 근거로 2050년 까지 선박의 탈탄소화에 필요한 단계별 목표와 추진 과제를 제시함.<sup>58)</sup>
  - 국토교통성(国土交通省)과 일본선박기술연구협회(日本船舶技術研究協會)는 일본재단(日本財団)과 함께 국제해사기구(IMO)의 상향된 감축목표에 대응하기 위한 ‘국제해운 온실가스 제로 배출 프로젝트(國際海運GHGゼロエミッションプロジェクト)’ 출범을 주도하고, 2020년에 위 로드맵을 발표
  - 특히 2028~30년은 무공해 선박 도입 목표 시기로, 이를 위해 △연구개발, 기술 실증 및 도입 추진 △선박의 건조 및 운항을 위한 제도 정비 △육상연료 공급체제 정비 등이 필요하다고 지적
- 「그린성장전략」과 「지구온난화대책계획」에서도 LNG, 수소, 암모니아 등 대체연료를 사용하는 선박으로 전환하기 위한 단계별 정책 과제가 반영되었으며, 수소 및 암모니아 연료에 대한 일본의 관심은 「제6차 에너지기본계획」으로도 이어져 해당 연료들을 새롭게 2030년의 전력 수급 계획에 포함한 바 있음.<sup>59)</sup>

■ [② 친환경 연료의 해외 공급망 구축] 일본은 친환경 연료(그린수소, 블루암모니아<sup>60)</sup> 등을 호주, 뉴질랜드, 영국 등지에서 생산하여 국내로 도입하거나 타 국가로 운송·활용하기 위한 사업을 추진하고 있음(표 4 참고).

- 일본은 특정 국가에 좌우되지 않는 안정적인 수소·암모니아 연료 공급망을 구축함으로써 공급 가격과 비용을 절감하는 것을 정책목표로 제시하고, 이를 위해 다음과 같이 노력하고 있음.<sup>61)</sup>
- [친환경 수소] 호주 갈탄으로 친환경 수소를 생산·도입·활용하기 위한 컨소시엄인 ‘HySTRA’,<sup>62)</sup> 이와타니산업(岩谷産業)의 호주 그린수소 공급망 구축 사업(Central Queensland Hydrogen Project), 미쓰이물산(三井物産)의 뉴질랜드 그린수소 충전소 건설 투자, IHI 등 J-DeEP 기술연구조합<sup>63)</sup>의 영국 해상풍력 기반 그린수소 개발 사업, 소지쯔(双日)의 그린수소 생산(호주)·운송(일본)·활용(필라우) 시범 사업<sup>64)</sup> 등이 대표적임.<sup>65)</sup>

57) 수소·암모니아 연료 선박, 수소연료전지 선박, 초고효율 LNG 선박(LNG 및 풍력 혼용) 등.

58) 国土交通省, 日本船舶技術研究協會, 日本財団(2020), 「國際海運のゼロエミッションに向けたロードマップ」, pp. 2~32.

59) 内閣官房 외(2021), pp. 77~78; 環境省(2021), pp. 49~52; 経済産業省(2021), pp. 105~108.

60) 블루암모니아(Blue Ammonia)는 화석연료를 이용하여 생산하되 탄소 포집 및 저장(CCS: Carbon Capture and Storage)을 통해 생산 및 저장 과정에서 발생한 이산화탄소를 제거한 암모니아를 의미함.

61) 経済産業省(2021); 内閣官房 외(2021).

62) CO<sub>2</sub>-free Hydrogen Energy Supply-chain Technology Research Association(CO<sub>2</sub>フリー水素サプライチェーン推進機構).

63) Japan offshore Design and Engineering Platform Technology & Engineering Research Association.

64) 해당 시범 사업은 환경성의 ‘Pilot Project for Comprehensive Support Throughout the Whole Hydrogen Supply Chain Abroad’ 중 하나로 선발되어 재정 지원을 받게 되며, 개도국(필라우)에서의 온실가스 감축 실적으로 인정받을 수 있을 것으로 예상됨.

65) HySTRA, 온라인 자료: Iwatani Corp.(2021. 9. 15), “Implementation of a Japan-Australia Project Feasibility Study for the Creation of a Large-Scale Green Liquefied Hydrogen Supply Chain,” 온라인 보도자료: Mitsui & Co.(2021. 9. 29), “Investment in green hydrogen refuelling

- [친환경 암모니아] 이토추상사(伊藤忠商事)는 블루암모니아를 러시아, 캐나다 등지에서 생산·도입하고자 타당성 조사에 착수하였고, 미쓰이물산은 호주에서 생산한 저탄소 암모니아 공급망을 구축할 예정이며, ENEOS는 블루암모니아와 블루수소 공급망 구축을 위해 Aramco와 양해각서를 체결하는 등의 노력을 추진 중임.<sup>66)</sup>
- [선박연료 및 기술 개발] 이토추상사는 암모니아를 선박연료로 활용하기 위해 구축한 공동 연구 프레임워크를 통해 국내외 유명 기업·기관(34개)과 협력하고 있으며, 미쓰비시상사(三菱商事)와 자회사인 치요다화공건설(千代田化工建設株)은 자체 개발한 수소 저장 및 운반 기술을 활용하여 싱가포르 기업들과 협력할 계획임.<sup>67)</sup>
- 치요다화공건설은 상온·상압에서 수소를 톨루엔(toluene)과 합성한 화학물질인 MCH(Methylcyclohexane, 메틸 시클로헥산) 상태로 쉽게 저장·수송한 후 수소를 추출해내는 기술 개발을 주도한 바 있음.

표 4. 일본의 친환경 수소, 암모니아 해외 생산 및 도입 프로젝트 사례

사업 개요	파트너국	참여 기관 및 기업	
		공공	민간
HySTRA (갈탄을 이용한 친환경 수소 생산)	호주	NEDO	· HySTRA: J-Power, Shell Japan, Iwatani, Kawasaki, Marubeni, ENEOS, "K" LINE
Central Queensland Hydrogen Project (그린수소 생산을 위한 타당성 조사)	호주	-	· Iwatani, Kawasaki, Kansai Electric Power, Marubeni, Starwell Corp., APA
대형 운송수단용 그린수소 충전소 건설을 위한 투자 사업	뉴질랜드	-	· Mitsui & Co., Hiringa Energy Hiringa Refuelling New Zealand
해상풍력 기반 그린수소 제조 플랜트 개발 사업	영국	-	· IHI, Mitsubishi Heavy Industries (J-DeEP 기술연구조합)
그린수소 해외 공급망 구축을 위한 시범 사업	호주, 팔라우	환경성	· Sojitz, CS Energy, Nippon Engineering Consultants
블루암모니아 도입·활용을 위한 공동 타당성 연구	러시아	JOGMEC	· ITOCHU, Irkutsk Oil Company, TOYO Engineering Corporation
	캐나다	-	· ITOCHU, Petronas 등
저탄소 암모니아 공급망 구축을 위한 공동 타당성 연구	호주	JOGMEC	· Mitsui & Co., Mitsui E&P Australia Pty, Wesfarmers Chemicals, Energy & Fertilisers
블루 수소·암모니아 공급망 구축을 위한 양해각서 체결	사우디 아라비아	-	· ENEOS, Aramco

주: NEDO(New Energy and Industrial Technology Development Organization, 新エネルギー・産業技術総合開発機構, 신에너지산업기술종합개발기구), JOGMEC (Japan Oil, Gas and Metals National Corporation, 石油天然ガス・金属鉱物資源機構, 석유·천연가스·금속광물자원기구).

자료: 본문에서 인용한 기관별 보도자료, 언론 기사를 이용하여 저자 정리.

station business for fuel cell powered heavy vehicles in New Zealand," 온라인 보도자료: 日本経済新聞(2021. 8. 6), 「IHIや三菱造船 欧州で洋上水素プラント、600億円投資」, 온라인 기사; Sojitz Corporation(2022. 1. 12), "Sojitz to Provide Green Hydrogen Produced in Australia to Pacific Island Countries," 온라인 보도자료(모든 자료의 검색일: 2022. 2. 17).

66) ITOCHU Corporation(2020. 12. 24), "Agreement Reached on Joint Feasibility Study of the Ammonia Value Chain between Eastern Siberia and Japan to Achieve a Decarbonized Society," 온라인 보도자료; Nikkei Asia(2021. 8. 3), "Itochu's 'blue' ammonia from Canada to power Japan's green future," 온라인 기사; Mitsui & Co.(2021. 10. 4), "Joint Feasibility Study for Creation of a Supply Chain of Low Carbon Ammonia in Western Australia," 온라인 보도자료; ENEOS(2021. 3. 25), "ENEOS signs MoU with Aramco for blue hydrogen and blue ammonia collaboration," 온라인 보도자료(모든 자료의 검색일: 2022. 2. 17).

67) ITOCHU Corporation(2021. 7. 29), "ITOCHU Announces the Expansion of the Joint Study Framework on Ammonia as an Alternative Marine Fuel to Include 34 Companies and Organizations," 온라인 보도자료; Mitsubishi Corporation(2020. 3. 30), "MC Signs MoU with Singaporean Companies on Sustainable Hydrogen Economy," 온라인 보도자료(모든 자료의 검색일: 2022. 2. 17).

■ [③ 국제 논의에 적극 참여 또한 해운 관련 국제 표준과 규제에 관한 논의를 주도하고자 노력하면서 친환경 선박과 연료 사용에 필요한 기술과 기기의 국제경쟁력을 강화할 계획임.

- 일본은 국제표준화기구(ISO)에서 선박과 해양 기술을 총괄하는 기술위원회(ISO/TC8)<sup>68)</sup> 산하 소위원회 중 SC 2(해양환경 보호)와 SC 6(항해·선박 운항)을 주도하고 있으며, 2019년에는 국제해사기구(IMO)의 해양환경보 호위원회(MEPC)<sup>69)</sup>에 현존선 에너지효율지수규제(EEXI)<sup>70)</sup>를 제안하여 2023년부터 시행되도록 유도함.<sup>71)</sup>
- 또한 수소와 암모니아 연료 산업과 연관된 기기(수소 운반 장비, 수소충전소 관련 제품 등)를 표준화하고, 일 본이 강점을 가지는 기술(대형 운송수단용 수소 충전 기법 등)이 시장에서 널리 사용되도록 추진하고자 함.<sup>72)</sup>

### 3) 싱가포르

■ 싱가포르는 2011년부터 「Maritime Singapore Green Initiative」를 통해 해사 관련 배출량을 줄이기 위한 노력을 추진해왔으며, 기업의 자발적인 참여를 유도하고자 차등화된 인센티브 제도를 활용하고 있음.

- 2011년에 시작된 위 이니셔티브는 두 차례 연장되어 2024년까지 시행될 예정으로, 4개 영역(친환경 선박, 친 환경 항만, 친환경 에너지 및 기술, 친환경 인식)에 관한 세부 프로그램으로 구성됨.<sup>73)</sup>
- [친환경 선박 프로그램] 선주가 국제해사기구(IMO)의 환경 규제를 초과 달성하게 만드는 조치를 도입하는 경 우 조치의 종류에 따라 최초 등록비(IRF: Initial Registration Fee)와 연간 선박 톤수 세금(ATT: Annual Tonnage Tax)을 차등적으로 감면하는 감축 관련 인센티브 제도를 운영 중임.<sup>74)</sup>
  - 선주가 IMO의 에너지효율설계지수(EEDI)<sup>75)</sup>를 초과 달성하게 하는 설계를 채택하거나 LNG보다 탄소전환계수가 낮은 연료(메탄올, 에탄올) 기반 엔진을 도입하면 IRF는 50%, ATT는 20%를 감면하고, 두 조치 모두 도입하거나 LNG 엔진으로 바꾸는 경우 IRF는 75%, ATT는 50%로 상향하여 감면
- [친환경 항만 프로그램] 선박이 싱가포르항 정박 시 이행한 감축조치(LNG 연료 사용, IMO의 에너지효율설계 지수(EEDI) 초과 달성, LNG 병커링 서비스 이용)에 따라 25% 또는 10%의 항구 이용 관련 할인 혜택을 제공 하였으나, 현재는 시행되지 않고 있는 것으로 파악됨.<sup>76)</sup>

■ 최근 '탈탄소화'를 목표로 2030년까지의 R&D 로드맵(Maritime Singapore R&D Roadmap 2030)을 발표하였으며, 별도의 센터(GCMD)<sup>77)</sup> 설립을 통해 민간협력을 추진 중임.

68) ISO/TC(Technical Committee) 8: Ships and marine technology.

69) Marine Environment Protection Committee.

70) Energy Efficiency Existing Ship Index. 기존 선박(현존선)을 대상으로 운항 과정에서의 단위 화물량 및 운송 거리당 이산화탄소 배출량을 산출하여 지수화한 결과임.

71) ISO, "ISO/TC 8," 온라인 자료(검색일: 2022. 2. 17); 国土交通省, 日本船舶技術研究協会, 日本財団(2020), pp. 4~5.

72) 内閣官房 외(2021), pp. 41~49.

73) Maritime and Port Authority of Singapore, "Maritime Singapore Green Initiative," 온라인 자료(검색일: 2022. 2. 18).

74) Maritime and Port Authority of Singapore(2019), "EXTENSION OF THE GREEN SHIP PROGRAMME UNDER THE MARITIME SINGAPORE GREEN INITIATIVE," 온라인 자료(검색일: 2022. 2. 18).

75) Energy Efficiency Design Index. 신규 선박(신조선)을 대상으로 설계 과정에서의 단위 화물량 및 운송 거리당 이산화탄소 배출량을 산출하여 지수화한 결과임.

76) Maritime and Port Authority of Singapore, "Maritime Singapore Green Initiative," 온라인 자료: Maritime and Port Authority of Singapore(2022), "LIST OF ACTIVE SHIPPING CIRCULARS(No. 1 of 2022/REV. 1)," 온라인 자료(모든 자료의 검색일: 2022. 2. 18).

- 2019년에 해양항만청(MPA)과 SMI(Singapore Maritime Institute)는 5개 전략 연구 분야에 대한 2030년까지의 추진 계획을 담은 로드맵인 「Maritime Singapore R&D Roadmap 2030」을 발표하였으며, 싱가포르 연구재단(National Research Foundation Singapore)과 함께 약 2억 싱가포르 달러를 투입할 계획임.<sup>78)</sup>
  - 2013년에 발표한 기존 로드맵(Maritime R&D Roadmap 2025)을 업데이트한 문서로 5개 전략 연구 분야에는 △ 세계 정상급 차세대 항만(Tuas 항만 개발 등) △ 전략적 해상·교통량 관리 △ 스마트 선박 운영·자율운항 △ 효과적인 안정성 및 안보 △ 지속가능한 환경·에너지를 포함
- 장기 목표로서는 2050년까지의 장기 탈탄소 청사진인 「Maritime Singapore Decarbonisation Blueprint 2050」에 대한 외부 의견을 수렴함.<sup>79)</sup>
- 특히 싱가포르 해양항만청(MPA)과 국내외 6개 기업·기관(BW 그룹, DNV Foundation 등)은 총 1억 2,000만 싱가포르 달러의 공동 기금(MPA: 50%, 기업 50%)을 마련하여 해사 부문의 탈탄소화를 위한 센터(GCMD)를 설립(2021년 8월)하였고, 관련 연구(암모니아 병커링 서비스 안정성 등), 기술 개발 등을 지원 중임.<sup>80)</sup>

## 다. 다자협력

### 1) 국제해사기구(IMO)

- 국제해사기구(IMO)는 「해양오염방지협약(이하 MARPOL) Annex VI」<sup>81)</sup>를 근거로 해사 관련 에너지 효율 향상을 유도하고 대기오염물질(황산화물 등)을 줄이기 위한 규제를 도입·강화해왔음.<sup>82)</sup>
- 국제해사기구(IMO)는 현재 175개 회원국이 해운 및 조선 관련 이슈를 의논하고 있는 UN 산하 국제기구로, 국제해운 관련 온실가스 배출목표 달성에 관한 노력을 총괄하고 있음.
- 2011년 7월 개정된 「MARPOL Annex VI」를 근거로 최초의 에너지 효율 관련 의무사항인 신규 선박(신조선)에 대한 에너지효율설계지수(EEDI)와 모든 선박에 적용되는 에너지효율관리계획(SEEMP)<sup>83)</sup>이 채택되었고, 해당 조항이 2013년에 발효되면서 선박에서 기인한 온실가스 배출량을 본격적으로 관리하기 시작함.
- 2016년 10월에는 대기오염물질인 황산화물(SOx) 배출 저감을 위해 「MARPOL Annex VI」 14항을 개정함으로써 선박연료의 황 함유량 기준을 강화(최대 3.5% → 0.5%/m)하였고, 관련 업계는 이를 준수하고자 2020년부터 저유황유 사용, 탈황장치 설치, LNG 추진 선박으로 대체 등의 방법을 선택하여 이행 중임.
  - 선박연료의 황 함유량 기준은 규제 지역에 따라 차등적으로 적용되는데, 북해 등 황산화물 배출규제해역(ECA:

77) Global Centre for Maritime Decarbonisation.

78) Maritime and Port Authority of Singapore and Singapore Maritime Institute, "Singapore R&D Roadmap 2030: Maritime Transformation," pp. 6-7, pp. 14-15, 온라인 자료(검색일: 2022. 2. 18).

79) Maritime and Port Authority of Singapore, "Decarbonisation," 온라인 자료(검색일: 2022. 2. 18).

80) Global Centre for Maritime Decarbonisation, 온라인 자료(검색일: 2022. 2. 19).

81) International Convention for the Prevention of Marine Pollution from Ships(MARPOL): Regulations for the Prevention of Air Pollution from Ship(Annex VI).

82) 2021년 12월 말 기준 IMO, "Member States"; "IMO's work to cut GHG emissions from ships"; "Sulphur oxides (SOx) and Particulate Matter (PM) - Regulation 14," 온라인 자료(모든 자료의 검색일: 2022. 2. 21); IMO(2011), Regulation 19-22; IMO(2016), p. 1.

83) Ship Energy Efficiency Management Plan.

Emission Control Area)에서는 0.1%/m, 일반 해역에서는 0.5%/m를 적용

- 다만 대부분의 대형 선박이 사용하는 중유(빙커유 등)는 황 함유량이 높아 더 이상 사용할 수 없고, 저유황유의 가격은 중유보다 높게 형성되어 있으며, 탈황장치인 스크러버(scrubber)는 일부 항구에서 사용을 금지하는 상황

■ 특히 2018년 발표한 국제해운 온실가스 감축목표(2050년)와 에너지 효율 개선목표(2030년 및 2050년)를 달성하기 위한 후속조치로서 규제 대상에 기존 선박(현존선)을 추가함.<sup>84)</sup>

- 국제해사기구(IMO)는 2018년 채택한 '선박의 온실가스 감축을 위한 초기전략(이하 초기전략)'<sup>85)</sup>을 통해 국제해운 온실가스 감축목표(2050년까지 2008년 대비 50% 감축)와 에너지 효율 개선목표(2030년까지 2008년 대비 최소 40%, 2050년까지 70% 개선)를 수립함.
- 2021년 6월 개최된 제76차 해양환경보호위원회(MEPC)에서 「MARPOL Annex VI」 개정안이 채택됨에 따라 신규 선박(신조선)에만 적용하던 온실가스 배출 규제가 기존 선박(현존선)으로도 확대되었으며, 2022년 11월부터 현존선 에너지효율지수(EEXI)와 탄소집약도지수(CII)<sup>86)</sup>가 발효될 예정임(표 5 참고).
- 탄소집약도지수(CII)의 경우 5,000톤(GT) 이상의 기존 선박(현존선)에 IMO DCS(Data Collection System)에 등록된 지난 1년간 사용한 연료 데이터와 운항 자료를 이용하여 매년 요구치(CII required) 대비 달성치(CII attained)를 산출하게 하고, 이에 따라 선박 등급(A~E)을 결정한 후 차등적으로 관리하도록 명시함.
  - IMO는 2019년부터 5,000톤(GT) 이상의 선박이 IMO DCS를 사용하도록 의무화한 바 있으며, 시스템에 등록된 데이터를 활용하여 산정된 등급(A, B: 높은 효율, C: 평균, D, E: 낮은 효율) 중 3년 연속 D등급이거나 단일 연도에 E등급을 부여받는 선박은 시정조치 계획을 수립하여 에너지효율관리계획(SEEMP)에 반영한 후 승인 필요
  - CII는 2019년 대비 2020~22년까지 매년 1%씩, 2023~26년까지 매년 2%씩 개선되어야 하며, 2026년 1월 1일 이전까지 효과성 검토를 완료한 후 수정 여부를 결정할 예정

표 5. IMO의 온실가스 배출량 및 에너지 효율 관리 기준

	명칭	조치 구분	규제 대상	채택/발효	주요 내용
1	에너지효율설계지수(EEDI)	기술적 사전적	신규 선박 (신조선)	'11년/ '13년~	· 설계 과정에서의 단위 화물량(1톤) 및 운송 거리(1해리)당 CO <sub>2</sub> 배출량 지수화
2	에너지효율관리계획(SEEMP)	-	모든 선박		· 선박의 에너지 효율 개선을 위한 상세 계획
3	에너지효율지수(EEXI)	기술적 사전적	기존 선박 (현존선)	'21년/ '22년 11월~	· 기관출력 등을 토대로 사전에 운항 과정에서의 단위 화물량(1톤) 및 운송 거리(1해리)당 CO <sub>2</sub> 배출량 지수화
4	탄소집약도지수(CII)	운항적 사후적			· 지난 1년간의 운항 기록, 연료 사용량 등을 토대로 운항 과정에서의 단위 화물량(1톤) 및 운송 거리(1해리)당 CO <sub>2</sub> 배출량 지수화 · 이를 통해 선박 등급(A~E)을 결정하여 관리

주: 1) 규제 대상은 400톤(GT) 이상의 국제 항해 선박임

2) 단 5,000톤(GT) 이상 기존 국제 항해 선박의 경우 2~4번 규제를 모두 적용하되, 규제 수준을 상향(예: IMO DCS 데이터 수집, 방법론 보고 및 주관청의 승인 필요, 연도별 검증 수행, 선박 등급이 D-E일 경우 시정조치 계획 제출 및 승인 필요 등)하여 관리하도록 의무화함.

자료: IMO(2011), Regulation 20-22; IMO(2021b), Regulation 19-28.

84) IMO(2018), p. 5; IMO(2021b), Regulation 19-28; 한국선급(2021), 「CII 규제 대응 지침서」 참고

85) Initial Strategy on the Reduction of GHG Emissions from Ships.

86) Carbon Intensity Indicator.

■ 현재의 온실가스 감축목표(2050년까지 2008년 대비 50% 감축)를 상향하고 시장기반 조치를 도입하는 방안을 검토 중이며, 덴마크, 미국 등은 이를 넷제로로 상향해야 한다고 주장함.<sup>87)</sup>

- IMO는 2018년에 채택한 초기전략을 2023년까지 수정할 계획으로, 김기택 사무총장은 이에 대해 초기 전략의 목표를 상향하는 것이 중요하다는 점을 강조하였으며, 최근 탄소세, 배출권 거래제(ETS) 등 시장기반 조치를 도입하자는 제안서에 대한 논의도 진행되고 있음.
- 덴마크, 미국 및 12개국은 국제해운의 온실가스 감축목표(2050년)를 넷제로로 상향하고 이를 위한 조치를 도입해야 한다고 주장하였으나, 일본 등 거대 해사 산업을 보유한 국가들이 동참하지 않고 있는 것으로 알려짐.

## 2) 탄소배출 제로 연합(Getting to Zero Coalition)

■ 2019년 창설된 민간 주도 국제협력 플랫폼인 탄소배출 제로 연합(Getting to Zero Coalition)은 ‘Call to Action for Shipping Decarbonization’을 통해 각국 정부의 감축 노력을 촉구함.<sup>88)</sup>

- 세계경제포럼(WEF),<sup>89)</sup> 세계해사포럼(GMF)<sup>90)</sup> 및 Friends of Ocean Action이 2019년 창설한 탄소배출 제로 연합(Getting to Zero Coalition)에는 전 세계 150개 이상의 기업, 연구기관, 정부 부처 등이 참여 중임.
  - 우리나라에서는 대우조선해양, HMM, 한국선급, 한국해양교통안전공단, 선박해양플랜트연구소 등이 동참
- 주요 관심 분야는 △ 친환경 연료 △ 무공해 선박 △ 기술 개발 및 활용을 위한 재원 조성 △ 지방, 국가, 지역 및 글로벌 차원의 정책으로, 2030년까지 단계별 목표(2019~20년: 연합 형성 및 확대, 2021~23년: 해결방안 도출 및 환경 조성, 2024~27년: 실증, 2028~30년: 상용화 준비 완료)를 이루기 위해 노력할 계획임.
- 특히 ‘Call to Action for Shipping Decarbonization’에 서명하며 2030년까지 무공해 선박을 상용화하고 2050년까지 탈탄소화를 이루겠다고 선언하고, 각국 정부에 명확한 국제해운 탈탄소화 목표 설정, 산업계의 무공해 선박, 항만 인프라 및 연료개발 사업 지원, 2030년까지 정책(시장기반 조치 포함) 수립을 요구함.

## 3) 세계 항만 기후행동 프로그램(WPCAP: World Ports Climate Action Program)

■ 2018년 창설된 북미, 유럽 및 일본의 항만 도시간 협력 플랫폼인 ‘세계 항만 기후행동 프로그램(WPCAP)’은 5개 영역(효율 향상, 정책, 육상전력 공급, 선박연료, 화물 취급 장비)에 대한 작업반을 운영하고 있음.<sup>91)</sup>

- 해당 프로그램(WPCAP)에는 북미(LA, 롱비치, 뉴욕/뉴저지, 밴쿠버), 유럽(로테르담, 안트베르펜, 함부르크, 에테보리, 아로파항/르아브르, 바르셀로나, 발렌시아) 및 일본(요코하마)에 있는 12개의 항만 도시가 참여 중이며, 항만별로 자체 관심 의제에 부합하는 작업반(WG1~5)에서 활동하고 있음.

87) IMO, “Marine Environment Protection Committee (MEPC) 77, 22-26 November 2021,” 온라인 자료: *Reuters*(2021. 11. 3), “Denmark, U.S. and 12 other nations back tougher climate goal for shipping,” 온라인 기사(모든 자료의 검색일: 2022. 2. 21).

88) Getting to Zero Coalition, 온라인 자료: Getting to Zero Coalition, “Call to Action for Shipping Decarbonization,” 온라인 자료(모든 자료의 검색일: 2022. 2. 23).

89) World Economic Forum.

90) Global Maritime Forum.

91) “World Ports Climate Action Program,” 온라인 자료: “WPCAP ports take new series of climate change actions,” 온라인 자료(모든 자료의 검색일: 2022. 2. 23).

- 대표적인 예로 WG3는 화석연료 이용 선박이 정박 시 전력을 사용하도록 유도하고자 공급 장치의 위치를 구글맵으로 제공하고 있고, WG4는 저탄소 연료에 대한 이해를 돕기 위해 관련 보고서를 찾아볼 수 있는 데이터베이스를 구축하였으며, WG5의 경우 다수의 화물 취급 장비와 인프라 설치 및 테스트를 이행 중임.

#### 4) 선박 협회

■ 국제해운회의소(ICS)<sup>92)</sup> 등 주요 선박협회들은 해운 분야의 탈탄소화를 목표로 탄소세 도입과 R&D 기금(50억 달러) 조성방안을 제안하였으며, 국제해사기구(IMO)에서 이를 논의 중임.<sup>93)</sup>

- 2019년 말, 8개의 선박협회는<sup>94)</sup> 병커유 사용에 대한 탄소세(2달러/톤) 도입을 통해 10년간 50억 달러 규모의 기금을 마련하여 탈탄소화 기술 연구개발에 사용하고, 국제해양연구개발위원회(IMRB)<sup>95)</sup>를 신설하여 해당 기금을 관리하게 하는 방안을 국제해사기구(IMO)에 제안하여 논의 중임.
- 국제해운회의소(ICS)는 2021년 제10차 회기간 작업반(ISWG-GHG 10)에서 '탄소세 도입안이 검토되고 있고, 이는 태평양 도서국(마셜제도 등)의 제안과 맥락을 같이한다'고 설명함.
  - 마셜제도와 솔로몬제도는 2021년에 선박이 배출하는 온실가스에 대해 2025년까지 100달러/톤(CO<sub>2</sub> eq.)의 탄소세를 부과하는 방안을 국제해사기구(IMO)에 제안한 바 있음.

## 4. 시사점

■ 분석결과를 토대로 본 연구에서는 수송과 해운 분야 온실가스 배출량을 감축하기 위한 방안으로 △ 저탄소·무공해 연료 및 인프라 확대 △ 국제해운 온실가스 감축전략 수립 △ 다자협력 활성화 △ 민간의 감축 노력 및 해외 규제 대응 지원 등을 제안함.

### 가. 저탄소·무공해 연료 및 인프라 확대

■ 국제사회는 수송과 해운 분야에서 배출되는 온실가스가 빠르게 증가하고 있다는 점을 우려하며, 이를 감축하기 위한 전략으로서 친환경 연료를 사용하는 운송수단을 보급하고자 노력 중임.

92) International Chamber of Shipping.

93) *Seatrade Maritime News*(2019. 12. 18), "Shipping industry proposes mandatory \$5bn R&D fund for decarbonisation," 온라인 기사; ICS(2021. 10. 22), "ICS statement on progress at the Intersessional Working Group on Reduction of GHG Emissions from Ships," 온라인 보도자료; *Lloyd's List*(2021. 5. 11), "Marshall Islands demands \$100 tax on shipping emissions," 온라인 기사(모든 자료의 검색일: 2022. 2. 23).

94) 국제해운회의소(ICS), 발틱국제해사협회(BIMCO), 국제크루즈선사협회(CLIA), 국제건화물선주협회(INTERCARGO), 인터페리(INTERFERRY), 국제탱커선주협회(International Chamber of Shipping INTERTANKCO), 국제독립탱커선주협회(IPTA), 세계선사협의회(World Shipping Council) 등.

95) International Maritime Research and Development Board.

- EU 등 주요 배출국은 수송 부문에 대한 세부 감축목표를 설정하고, 청정수소·암모니아 등 친환경 연료를 사용하는 운송수단 보급 계획, 내연기관 차량 퇴출 일정(2035년) 등을 발표함.
- 해운 분야에서도 친환경 연료로의 전환은 온실가스 배출량을 좌우하는 핵심 키워드로, IEA는 현 정책체계에서 저탄소·무공해 연료가 국제해운 에너지 소비에서 차지하는 비중은 약 2%(2030년), 5%(2050년)에 그칠 것이나, 넷제로 시나리오에서는 15%(2030년), 83%(2050년)까지 확대되어야 한다고 분석한 바 있음.<sup>96)</sup>
  - 다만 EU는 선박의 운항 비용에 있어 연료비 비중이 상당하나(예: 컨테이너선, 벌크선의 연료비는 운항 비용의 약 53% 차지), 기존 화석연료와 친환경 연료 간 가격 차이가 크다는 점을 지적하며 개선 노력이 필요함을 언급<sup>97)</sup>

■ 우리나라는 수소를 적극 활용하고 친환경 선박의 보급을 확대하기 위한 중장기 계획을 수립하였으나, 이러한 정책목표를 달성하려면 장기간에 걸친 투자와 지원이 필요함.

- 2021년 말에 「제1차 수소경제 이행 기본계획」, 「탄소중립 산업 대전환 비전과 전략」, 「에너지 탄소중립 혁신 전략」 등을 연이어 발표하며 수소를 탄소중립 달성을 위해 필요한 핵심 원료이자 연료로 활용하고, 안정적인 청정수소 공급 기반을 확보할 계획임을 밝혔음.<sup>98)</sup>
- 특히 국제해사기구(IMO)의 환경 규제가 강화됨에 따라 「친환경선박법」을 근거로 「제1차 친환경선박 개발·보급 기본계획(2021~30년)」을 수립하였으며, 친환경 선박 ‘개발’은 산업통상자원부, ‘보급’은 해양수산부가 주도하여 총 4,794억 원(2022년)을 투입하고자 함(표 6 참고).<sup>99)</sup>

표 6. 우리나라 「제1차 친환경선박 개발·보급 기본계획(2021~30년)」 6대 추진과제

(단위: 억 원)

	추진 과제명	예산('22년)	세부 내용
1	미래 친환경선박 세계 선도기술 확보	408	· 무탄소 선박(수소, 암모니아 등) 기술 확보 · 저탄소 선박(혼합연료 등), LNG 추진기술 고도화 등
2	新기술 확산을 위한 시험기반 구축	228	· 시험·검사 기준 마련 · 시험·평가 시설 구축
3	한국형 실증 프로젝트(그린십-K) 추진	263	· 그린십 K 시범선박 건조 · 해상실증을 통한 기술 검증 및 시장진입 지원
4	연료공급 인프라 확충	170	· LNG 선박 연료공급 확대 · 무탄소 연료공급 인프라 구축
5	친환경선박 보급 촉진	3,599	· 공공부문 선제적 전환 · 민간부문 전환 지원
6	친환경 선박 시장 주도 생태계 조성	69	· 국내 신기술의 국제 표준화 지원 · 디지털·통계 기반 선박운영 체계 마련
	기타	57	· 전문인력 양성 및 활용 추진
	합계	4,794	

자료: 관계부처 합동(2020); 산업통상자원부(2022); 해양수산부(2022)를 토대로 저자 정리.

96) IEA, "International Shipping," 온라인 자료(검색일: 2022. 2. 24).

97) European Commission(2021c), p. 2.

98) 관계부처 합동(2021a), p. 12, p. 20; 관계부처 합동(2021b), p. 15, p. 22; 관계부처 합동(2021c), pp. 18~23.

99) 관계부처 합동(2020); 산업통상자원부(2022); 해양수산부(2022).

- 20~30년 정도의 긴 수명주기를 가진 선박과 항만 인프라를 친환경적으로 전환 또는 건설하려면 상당한 규모의 투자 금액과 기간이 필요할 것으로 전망되며, 국제해운회의소(ICS)는 해운 분야의 탈탄소화를 위해서는 2019년에 16억 달러로 감소한 R&D 투자 규모가 대폭 확대되어야 한다고 강조한 바 있음.<sup>100)</sup>

■ 따라서 민간이 장기적인 관점에서 저탄소·무공해 연료를 개발·활용할 수 있도록 지원체계를 정비하고 안전관리 기준을 마련해야 하며, 관련 인프라(연료공급 설비 등) 투자를 확대할 필요가 있음.

- 산업통상자원부 등 관계 부처는 다양한 이해관계자(기업, 대학, 연구소, 금융기관 등)가 추진하는 저탄소·무공해 연료 개발과 상용화 과정을 적절히 지원하고 있는지를 점검·보완하고, 예기치 못한 안전사고(수소탱크 폭발, 암모니아 독성 누출 등)가 발생하지 않도록 연료별 특징을 고려한 관리 기준도 마련해야 함.
  - 일례로 암모니아는 블루·그린 암모니아 연료로 생산하여 사용하거나 수소를 저장하는 운반체로도 활용할 수 있어 주목을 받고 있는데, 장점(수소 대비 액화 및 저장 용이 등)과 단점(독성 누출 가능 등)이 공존
- 전기차 충전소와 마찬가지로 친환경 선박을 보급·확대하려면 연료공급 인프라가 구축되어야 하므로, 무공해 선박(수소, 암모니아 등) 개발 진척도 등을 고려하여 관련 인프라 투자를 확대해가야 할 것임.<sup>101)</sup>

## 나. 국제해운 온실가스 감축전략 수립

■ 국제해사기구(IMO)는 2023년까지 국제해운 온실가스 감축목표(2050년까지 2008년 대비 50% 감축)를 상향하는 방안에 대해 논의 중이며, 주요국도 국제해운 감축정책을 수립·강화하는 추세임.

- 국제해사기구(IMO)는 초기전략(2018년)에서 수립한 국제해운 온실가스 감축목표를 2023년까지 개정하기 위한 논의를 진행하고 있고, 미국 등이 이를 넷제로로 상향할 것을 주장하고 있으며, 2050년까지의 탄소중립 달성 목표를 선언하는 국가가 늘어나는 현 상황을 미루어볼 때 해당 목표도 일정 수준 이상 상향될 것으로 보임.
- EU는 해운 분야를 대상으로 한 감축정책(FuelEU Maritime 등)을 수립하고 기존 선박연료에 대한 면세조항을 폐지하였으며, 일본과 싱가포르도 민간과의 협업을 토대로 별도의 로드맵(국제해운의 제로 배출을 위한 로드맵), 해사 부문 R&D 로드맵(Maritime Singapore R&D Roadmap 2030) 등을 수립함.

■ 그러나 우리나라의 「탄소중립 로드맵」에는 국제해운이 고려되지 않은 상태이므로, 해당 분야의 온실가스를 감축하기 위한 중장기 전략을 수립함으로써 국제사회의 감축 노력에 대비해야 할 것임.<sup>102)</sup>

- 「제1차 친환경선박 개발·보급 기본계획」에 국제해운에 대한 감축목표(2050년까지 2017년 대비 60% 감축)를 포함하였으나, 선박 관련 온실가스 감축전략을 포괄적으로 다루고 있으며, 이후 발표된 「국토교통 탄소중립 로

100) ICS(2021. 6. 9), "Stagnation in R&D investment creating unacceptable risk for industry zero emissions future," 온라인 보도자료(검색일: 2022. 2. 24).

101) 산업통상자원부(2022); 해양수산부(2022).

102) 관계부처 합동(2020), p. 10; 국토교통부(2021); 해양수산부(2021).

드맵], 「해양수산 분야 탄소중립 로드맵」에는 위 기본계획의 국제해운 감축목표가 명시되지 않았음.

- 따라서 배출 시나리오 분석결과 등을 토대로 국제해운의 온실가스 감축을 위한 중장기 전략을 수립하고, 여기에 국가 차원의 명확한 감축목표(2030년 및 2050년), 이행 계획, R&D 로드맵 등을 종합적으로 포함함으로써 국제해사기구(IMO)의 환경 규제와 국제해운 감축목표 상향에 대비할 필요가 있음.

## 다. 다자협력 활성화

■ 최근 국제사회에서는 민간 주도의 탄소배출 제로 연합(Getting to Zero Coalition) 등이 활약하고 있으며, 일본은 다자간 협력을 통해 해외로부터 부족한 청정에너지원을 도입하고자 노력하고 있음.

- 해운 관련 유명 기업·기관, 연구소, 항만 및 협회는 탄소배출 제로 연합(Getting to Zero Coalition)의 Call to Action for Shipping Decarbonization, 세계 항만 기후행동 프로그램(WPCAP), 주요 선박협회의 탈탄소화 R&D 기금 마련 계획 등을 지지하며 자발적인 감축 노력을 추진 중임.
- 에너지 해외 의존도가 높은 일본은 안정적으로 수소·암모니아 연료를 확보하고자 해외 공급망 구축과 기술 개발에 앞장서고 있고, 국내외 유명 기업 및 연구기관과의 협력도 활발해지고 있음.

■ 우리나라 또한 다양한 도시(항만 등), 국가 및 지역과의 다자협력을 추진할 필요가 있으며, 「제1차 수소경제 이행 기본계획」의 해외 청정수소 도입 계획에 따라 국외에서 이를 안정적으로 도입하려면 기존의 에너지·환경 대화 채널을 활용하여 사업 개발 과정을 지원할 필요가 있음.<sup>103)</sup>

- 우리나라 해운 업계는 유관 부처와 함께 친환경선박 전 주기 혁신기술 개발 사업, 자율운항선박 기술개발 사업, LNG-암모니아 혼합연료추진 선박 프로젝트 등을 추진하고 있는데, 해외 우수 기업·기관과의 연구협력 네트워크를 구축하여 활용할 필요가 있음.
- 선박이 항만의 접안·정박 과정에서 발생하는 온실가스도 상당한 수준이므로, 우리나라 대표 항만(부산항, 인천항 등)도 관심 의제에 관한 다자협력(세계 항만 기후행동 프로그램 등)에 동참하는 방안도 검토해볼 수 있음.
- 우리나라도 최근 '청정수소 밸류체인 프로젝트(H<sub>2</sub> STAR 프로젝트 등)'를 시작하였으므로, 관계 부처는 파트너국(호주, 중동 등)과의 에너지·환경 고위급 회의 등을 통해 사업 발굴 과정을 지원해야 함.

## 라. 민간의 감축 노력 및 해외 규제 대응 지원

■ 민간의 자발적인 감축 노력을 장려하기 위해서는 정부의 감축 의지와 규제 기준을 명확하게 전달해야 하며, 감축조치별로 차등화된 인센티브 제도를 도입하거나 세제 혜택을 확대하는 방안을 고려할 필요가 있음.

103) 관계부처 합동(2021a); 산업통상자원부(2021); 산업통상자원부(2022); 해양수산부(2022).

- 수송 및 해운 분야에서 발생하는 온실가스 배출량을 줄이고 연관 투자를 확대하기 위해서는 국가 차원의 감축 목표와 규제 기준을 명확하게 수립·이행함으로써 민간에 일관된 정책 시그널을 제공해야 하며, 규제 대상 기업·기관의 정책 수요를 파악하여 이들의 감축 노력을 지원해야 할 것임.
- 해운 분야의 경우 외국항행 선박용 LNG 수입부과금 환급, 환경선박지수별 입·출항료 감면 등의 제도를 시행 중이나,<sup>104)</sup> 싱가포르의 사례와 같이 환경 규제를 초과 달성하게 하는 조치를 도입하는 경우 인센티브를 세분화하여 차등적으로 제공하거나 현재의 비용 감면 혜택을 확대하는 방안도 검토할 수 있을 것임.

■ 또한 EU, 국제해사기구(IMO) 등에서 발표하는 해외 규제 동향을 꾸준히 모니터링하며 대응방안을 모색해야 함.

- EU는 새로운 배출 규제(EU ETS에 해운 분야 편입, FuelEU Maritime 등)를 신설하였고, 일부 태평양 도서국과 선박협회는 탄소세를 도입하여 이를 R&D 기금으로 활용하자고 제안하였으며, 해운과 같이 수송 부문에 속하는 항공의 경우 온실가스 배출량에 대한 국제항공 탄소상쇄·감축제도(CORSIA)<sup>105)</sup>를 시행 중임.
- 이러한 배출 규제는 우리나라 기업에 상당한 부담으로 작용할 것이므로 관련 동향을 면밀히 파악하고 이를 민간과 공유하며 대응방안을 마련할 필요가 있으며, 국제해운 배출량에 관한 통계와 분석 역량을 강화하고, 선박 연료, 연관 장비 등에 관한 국제표준화 논의에도 적극 참여해야 할 것임. **KIEP**

104) 해양수산부(2022).

105) Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation. 2021년부터 시범 운영하기 시작하여 2027년부터 의무화할 예정.

## 참고문헌

### [국문자료]

- 관계부처 합동. 2020. 「제1차 친환경선박 개발·보급 기본계획(2021~30년)」.
- 관계부처 합동. 2021a. 「제1차 수소경제 이행 기본계획」.
- 관계부처 합동. 2021b. 「탄소중립 산업 대전환 비전과 전략」.
- 관계부처 합동. 2021c. 「에너지 탄소중립 혁신 전략」.
- 국토교통부. 2021. 「국토교통 탄소중립 로드맵」.
- 산업통상자원부. 2021. 「수소경제 성과 및 수소 선도 국가 비전」. 민관합동 보고대회.
- 산업통상자원부. 2022. 「2022년 한국형 친환경선박(Greenship-K) 개발시행계획」.
- 한국선급. 2021. 「CII 규제 대응 지침서」.
- 해양수산부. 2021. 「해양수산 분야 2050 탄소중립 로드맵」.
- 해양수산부. 2022. 「2022년 한국형친환경선박(Greenship-K) 보급시행계획」.

### [영문자료]

- European Commission. 2020a. “COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS Sustainable and Smart Mobility Strategy - putting European transport on track for the future Sustainable and Smart Mobility Strategy.” COM(2020) 789 final.
- European Commission. 2020b. “COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT Accompanying the document COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS: Sustainable and Smart Mobility Strategy - putting European transport on track for the future.” SWD(2020) 331 final.
- European Commission. 2021a. “Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL amending Regulation (EU) 2019/631 as regards strengthening the CO2 emission performance standards for new passenger cars and new light commercial vehicles in line with the Union’s increased climate ambition.” COM(2021) 556 final.
- European Commission. 2021b. “Proposal for a DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL amending Directive 2003/87/EC establishing a system for greenhouse gas emission allowance trading within the Union, Decision (EU) 2015/1814 concerning the establishment and operation of a market stability reserve for the Union greenhouse gas emission trading scheme and Regulation (EU) 2015/757.” COM(2021) 551 final.
- European Commission. 2021c. “Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on the use of renewable and low-carbon fuels in maritime transport and amending Directive 2009/16/EC.” COM(2021) 562 final.
- European Commission. 2021d. “Proposal for a COUNCIL DIRECTIVE restructuring the Union framework for

the taxation of energy products and electricity COM/2021/563 final.”

European Commission. 2021e. “Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on the deployment of alternative fuels infrastructure, and repealing Directive 2014/94/EU of the European Parliament and of the Council.” COM/2021/559 final.

European Commission. 2021f. “Horizon Europe - Work Programme 2021-2022: 8. Climate, Energy and Mobility.”

Hydrogen Council and McKinsey & Company. 2021. “Hydrogen Insights Reports 2021.”

IMO. 2009. “Second IMO Greenhouse Gas Study 2009.”

IMO. 2011. “RESOLUTION MEPC.203(62): AMENDMENTS TO THE ANNEX OF THE PROTOCOL OF 1997 TO AMEND THE INTERNATIONAL CONVENTION FOR THE PREVENTION OF POLLUTION FROM SHIPS, 1973, AS MODIFIED BY THE PROTOCOL OF 1978 RELATING THERETO.” MEPC 62/24/Add.1. Annex 19.

IMO. 2015. “Third IMO Greenhouse Gas Study 2014.”

IMO. 2016. “RESOLUTION MEPC.280(70): EFFECTIVE DATE OF IMPLEMENTATION OF THE FUEL OIL STANDARD IN REGULATION 14.1.3 OF MARPOL ANNEX VI.” MEPC 70/18/Add.1. Annex 6.

IMO. 2018. “RESOLUTION MEPC.304(72): INITIAL IMO STRATEGY ON REDUCTION OF GHG EMISSIONS FROM SHIPS.” MEPC 72/17/Add.1. Annex 11.

IMO. 2021a. “Fourth IMO Greenhouse Gas Study 2020.”

IMO. 2021b. “RESOLUTION MEPC.328(76): AMENDMENTS TO THE ANNEX OF THE PROTOCOL OF 1997 TO AMEND THE INTERNATIONAL CONVENTION FOR THE PREVENTION OF POLLUTION FROM SHIPS, 1973, AS MODIFIED BY THE PROTOCOL OF 1978 RELATING THERETO.” MEPC 76/15/Add.1. Annex 1.

## [중문자료]

国务院. 2020. 「国务院办公厅关于印发新能源汽车产业发展规划(2021—2035年)的通知」.

国务院. 2021a. 「关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见」.

国务院. 2021b. 「“十四五”现代综合交通运输体系发展规划的通知」.

中国汽车工程学会. 2020. “节能与新能源汽车技术路线图2.0.”

## [일문자료]

經濟産業省. 2021. 「第6次エネルギー基本計画」.

国土交通省, 日本船舶技術研究協会, 日本財団. 2020. 「国際海運のゼロエミッションに向けたロードマップ」. 第2校.

内閣官房, 經濟産業省, 内閣府, 金融庁, 総務省, 外務省, 文部科学省, 農林水産省, 国土交通省, 環境省. 2021. 「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」.

環境省. 2021. 「地球温暖化対策計画」.

**[언론자료]**

- 서울시. 2020. 「박원순 시장, '서울판 그린뉴딜'로 경제위기·기후위기 동시극복». (7월 8일) [https://www.seoul.go.kr/news/news\\_report.do#view/317710](https://www.seoul.go.kr/news/news_report.do#view/317710)(검색일: 2022. 1. 21).
- 日本經濟新聞. 2021. 「IHIや三菱造船、欧州で洋上水素プラント、600億円投資」. (8월 6일). <https://www.nikkei.com/article/DGXZQOUC164OA0W1A710C2000000/>(검색일: 2022. 2. 17).
- ENEOS. 2021. “ENEOS signs MoU with Aramco for blue hydrogen and blue ammonia collaboration.” (March, 25). <https://www.eneos.co.jp/english/newsrelease/2020/>(검색일: 2022. 2. 17).
- ICS. 2021. “ICS statement on progress at the Intersessional Working Group on Reduction of GHG Emissions from Ships,” (October, 22). <https://www.ics-shipping.org/press-release/ics-statement-iswg-10/>(검색일: 2022. 2. 23).
- ICS. 2021. “Stagnation in R&D investment creating unacceptable risk for industry zero emissions future.” (June, 9). <https://www.ics-shipping.org/press-release/stagnation-in-rd-investment-creating-unacceptable-risk-for-industry-zero-emissions/>(검색일: 2022. 2. 24).
- ITOCHU Corporation. 2020. “Agreement Reached on Joint Feasibility Study of the Ammonia Value Chain between Eastern Siberia and Japan to Achieve a Decarbonized Society.” (December 24). [https://www.itochu.co.jp/en/news/press/2020/201224\\_2.html](https://www.itochu.co.jp/en/news/press/2020/201224_2.html)(검색일: 2022. 2. 17).
- ITOCHU Corporation. 2021. “ITOCHU Announces the Expansion of the Joint Study Framework on Ammonia as an Alternative Marine Fuel to Include 34 Companies and Organizations.” (July, 29). <https://www.itochu.co.jp/en/news/news/2021/210729.html>(검색일: 2022. 2. 17).
- Iwatani Corp. 2021. “Implementation of a Japan-Australia Project Feasibility Study for the Creation of a Large-Scale Green Liquefied Hydrogen Supply Chain.” (September, 15). [http://www.iwatani.co.jp/img/eng/pdf/newsrelease/109/20210915\\_news\\_e1.pdf](http://www.iwatani.co.jp/img/eng/pdf/newsrelease/109/20210915_news_e1.pdf)(검색일: 2022. 2. 17).
- Lloyd’s List. 2021. “Marshall Islands demands \$100 tax on shipping emissions.” (May 11). [https://lloydslist.maritimeintelligence.informa.com/LL1136097/Marshall-Islands-demands-\\$100-tax-on-shipping-emissions](https://lloydslist.maritimeintelligence.informa.com/LL1136097/Marshall-Islands-demands-$100-tax-on-shipping-emissions)(검색일: 2022. 2. 23).
- Mitsui & Co. 2021. “Investment in green hydrogen refuelling station business for fuel cell powered heavy vehicles in New Zealand.” (September, 27). [https://www.mitsui.com/jp/en/topics/2021/1242006\\_12171.html](https://www.mitsui.com/jp/en/topics/2021/1242006_12171.html)(검색일: 2022. 2. 17).
- Mitsui & Co. 2021. “Joint Feasibility Study for Creation of a Supply Chain of Low Carbon Ammonia in Western Australia.” (October, 4). [https://www.mitsui.com/jp/en/topics/2021/1242033\\_12171.html](https://www.mitsui.com/jp/en/topics/2021/1242033_12171.html)(검색일: 2022. 2. 17).
- Mitsubishi Corporation. 2020. “MC Signs MoU with Singaporean Companies on Sustainable Hydrogen Economy.” (March, 30). <https://www.mitsubishicorp.com/jp/en/pr/archive/2020/html/0000039621.html>(검색일: 2022. 2. 17).
- Nikkei Asia. 2021. “Itochu's 'blue' ammonia from Canada to power Japan's green future.” (August 3). <https://asia.nikkei.com/Business/Energy/Itochu-s-blue-ammonia-from-Canada-to-power-Japan-s-green-future>(검색일: 2022. 2. 17).
- Office of Governor Gavin Newsom. 2020. “Governor Newsom Announces California Will Phase Out Gasoline-Powered Cars & Drastically Reduce Demand for Fossil Fuel in California’s Fight Against Climate Change.” (September, 23). <https://www.gov.ca.gov/2020/09/23/governor-newsom-announces-california-will-phase-out-gasoli>

- ne-powered-cars-drastically-reduce-demand-for-fossil-fuel-in-californias-fight-against-climate-change/(검색일: 2022. 1. 21).
- Reuters. 2021. “Denmark, U.S. and 12 other nations back tougher climate goal for shipping.” (November, 3). <https://www.reuters.com/business/sustainable-business/denmark-us-12-other-nations-back-tougher-climate-goal-shipping-2021-11-01/>(검색일: 2022. 2. 21).
- Seatrade Maritime News. 2019. “Shipping industry proposes mandatory \$5bn R&D fund for decarbonisation.” (December, 18). <https://www.seatrade-maritime.com/regulation/shipping-industry-proposes-mandatory-5bn-rd-fund-decarbonisation>(검색일: 2022. 2. 23).
- Sojitz Corporation. 2022. “Sojitz to Provide Green Hydrogen Produced in Australia to Pacific Island Countries.” (January, 12). <https://www.sojitz.com/en/news/2022/01/20220112.php>(검색일: 2022. 2. 17).
- The Guardian. 2021. “UN chief urges airlines and shipping firms to do more to cut emissions.” (October, 14). <https://www.theguardian.com/environment/2021/oct/14/un-chief-urges-airlines-and-shipping-firm-s-to-do-more-to-cut-emissions>(검색일: 2022. 1. 12).
- The White House. 2021. “Strengthening American Leadership in Clean Cars and Trucks.” (August 5). <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/presidential-actions/2021/08/05/executive-order-on-strengthening-american-leadership-in-clean-cars-and-trucks/>(검색일: 2022. 1. 24).
- The White House. 2021. “FACT SHEET: President Biden’s Leaders Summit on Climate.” (April 23). <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/04/23/fact-sheet-president-biden-s-leaders-summit-on-climate/>(검색일: 2022. 1. 20).
- The White House. 2021. “FACT SHEET: Biden Administration Advances the Future of Sustainable Fuels in American Aviation.” (September 9). <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/09/09/fact-sheet-biden-administration-advances-the-future-of-sustainable-fuels-in-american-aviation/>(검색일: 2022. 1. 20).

## [인터넷 자료]

- 국가교통DB. 2018. 「통계로 본 교통: 2017 교통 주요 이슈에 관한 인사이트」. <https://www.ktdb.go.kr/www/selectPblcteWebList.do?key=36>(검색일: 2022. 2. 1).
- 대한석유협회. 「사용연료별 자동차 등록대수」. [http://www.petroleum.or.kr/ko/meterial/meterial3.php?ca\\_id=1030d0&mode=read](http://www.petroleum.or.kr/ko/meterial/meterial3.php?ca_id=1030d0&mode=read)(검색일: 2022. 1. 19).
- 2050 탄소중립위원회. 「2030 국가온실가스 감축목표」. <https://www.2050cnc.go.kr/base/contents/view?contentsNo=11&menuLevel=2&menuNo=13>(검색일: 2022. 1. 24).
- 2050 탄소중립위원회. 「탄소중립 시나리오란」. <https://www.2050cnc.go.kr/base/contents/view?contentsNo=10&menuLevel=2&menuNo=12>(검색일: 2022. 1. 24).
- “COP26 declaration on accelerating the transition to 100% zero emission cars and vans.” <https://www.gov.uk/government/publications/cop26-declaration-zero-emission-cars-and-vans/cop26-declaration-on-accelerating-the-transition-to-100-zero-emission-cars-and-vans>(검색일: 2022. 1. 21).
- European Commission. “Horizon Europe.” [https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe\\_en](https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe_en)(검색일: 2022. 2. 15).

- European Commission. "Make Transport Greener." [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/%5Beuropa\\_tokens:europa\\_interface\\_language%5D/fs\\_21\\_3665](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/%5Beuropa_tokens:europa_interface_language%5D/fs_21_3665)(검색일: 2022. 1. 14).
- Getting to Zero Coalition. <https://www.globalmaritimeforum.org/getting-to-zero-coalition>(검색일: 2022. 2. 23).
- Getting to Zero Coalition. "Call to Action for Shipping Decarbonization." <https://www.globalmaritimeforum.org/content/2021/09/Call-to-Action-for-Shipping-Decarbonization.pdf>(검색일: 2022. 2. 23).
- Global Centre for Maritime Decarbonisation. <https://www.gcformd.org/>(검색일: 2022. 2. 19).
- HySTRA. <https://www.hystra.or.jp/about/>(검색일: 2022. 2. 17).
- IEA. 2020. "CO2 Emissions from Fuel Combustion 2020 Highlights," <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/greenhouse-gas-emissions-from-energy-highlights>(검색일: 2022. 1. 12).
- IEA. "International Shipping." <https://www.iea.org/reports/international-shipping>(검색일: 2022. 2. 24).
- IMO. "Member States," <https://www.imo.org/en/OurWork/ERO/Pages/MemberStates.aspx>(검색일: 2022. 2. 21).
- IMO. "IMO's work to cut GHG emissions from ships," <https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Cutting-GHG-emissions.aspx>(검색일: 2022. 2. 21).
- IMO. "Marine Environment Protection Committee (MEPC) 77, 22-26 November 2021." <https://www.imo.org/en/MediaCentre/MeetingSummaries/Pages/MEPC77.aspx>(검색일: 2022. 2. 21).
- IMO. "Sulphur oxides (SOx) and Particulate Matter (PM) - Regulation 14," [https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Sulphur-oxides-\(SOx\)-%E2%80%93-Regulation-14.aspx](https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Sulphur-oxides-(SOx)-%E2%80%93-Regulation-14.aspx)(검색일: 2022. 2. 21).
- ISO. "ISO/TC 8," <https://www.iso.org/committee/45776.html>(검색일: 2022. 2. 17).
- Maritime and Port Authority of Singapore. "Decarbonisation," <https://www.mpa.gov.sg/web/portal/home/maritime-singapore/green-efforts/decarbonisation>(검색일: 2022. 2. 18).
- Maritime and Port Authority of Singapore. "Maritime Singapore Green Initiative." <https://www.mpa.gov.sg/web/portal/home/maritime-singapore/green-efforts/maritime-singapore-green-initiative>(검색일: 2022. 2. 18).
- Maritime and Port Authority of Singapore. 2019. "EXTENSION OF THE GREEN SHIP PROGRAMME UNDER THE MARITIME SINGAPORE GREEN INITIATIVE(No. 12 of 2019)." <https://www.mpa.gov.sg/web/portal/home/port-of-singapore/circulars-and-notice/shipping-circulars/detail/f1018f2c-8793-4c7f-ba29-1d437a9151f6>(검색일: 2022. 2. 18).
- Maritime and Port Authority of Singapore. 2022. "LIST OF ACTIVE SHIPPING CIRCULARS(No. 1 of 2022/REV. 1)." <https://www.mpa.gov.sg/web/portal/home/port-of-singapore/circulars-and-notice/shipping-circulars/detail/247b168b-1de2-430d-8b54-6122f08f666f>(검색일: 2022. 2. 18).
- Maritime and Port Authority of Singapore and Singapore Maritime Institute. 2020. "Singapore R&D Roadmap 2030: Maritime Transformation." <https://www.maritimeinstitute.sg/roadmap2030/>(검색일: 2022. 2. 18).
- Net Zero Tracker. <https://zerotracker.net/>(검색일: 2022. 1. 12).
- SAFETY4SEA. "Singapore remained world's top bunkering port in 2020." <https://safety4sea.com/singapore-remained-worlds-top-bunkering-port-in-2020/>(검색일: 2022. 2. 7).
- WATERBORNE Technology Platform and European Union. "Memorandum of Understanding for the Co-programmed European Partnership for Zero-emission Waterborne Transport." <https://www.waterborne.eu/partnership/partnership>(검색일: 2022. 2. 15).

- WATERBORNE Technology Platform and European Union. “European Zero Emission Waterborne Transport Partnership adopts investment strategy,” [https://www.waterborne.eu/images/211213\\_Press\\_release\\_Partnership\\_Investment\\_Strategy.pdf](https://www.waterborne.eu/images/211213_Press_release_Partnership_Investment_Strategy.pdf)(검색일: 2022. 2. 15).
- “World Ports Climate Action Program.” <https://sustainableworldports.org/wpcap/>(검색일: 2022. 2. 23).
- World Shipping Council. “The Top 50 Container Ports.” <https://www.worldshipping.org/top-50-ports>(검색일: 2022. 2. 7).
- “WPCAP ports take new series of climate change actions.” <https://sustainableworldports.org/wpcap-ports-take-new-series-of-climate-change-actions/>(검색일: 2022. 2. 23).
- WRI CAIT. “Climate Watch Historical GHG Emissions.” <https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions>(검색일: 2022. 1. 12).
- UNFCCC NDC Registry. <https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/Pages/Home.aspx>(검색일: 2022. 1. 19).
- U.S. Energy Information Administration. 2021. “International Energy Outlook 2021.” [https://www.eia.gov/outlooks/ieo/tables\\_side\\_xls.php](https://www.eia.gov/outlooks/ieo/tables_side_xls.php)(검색일: 2022. 1. 12).